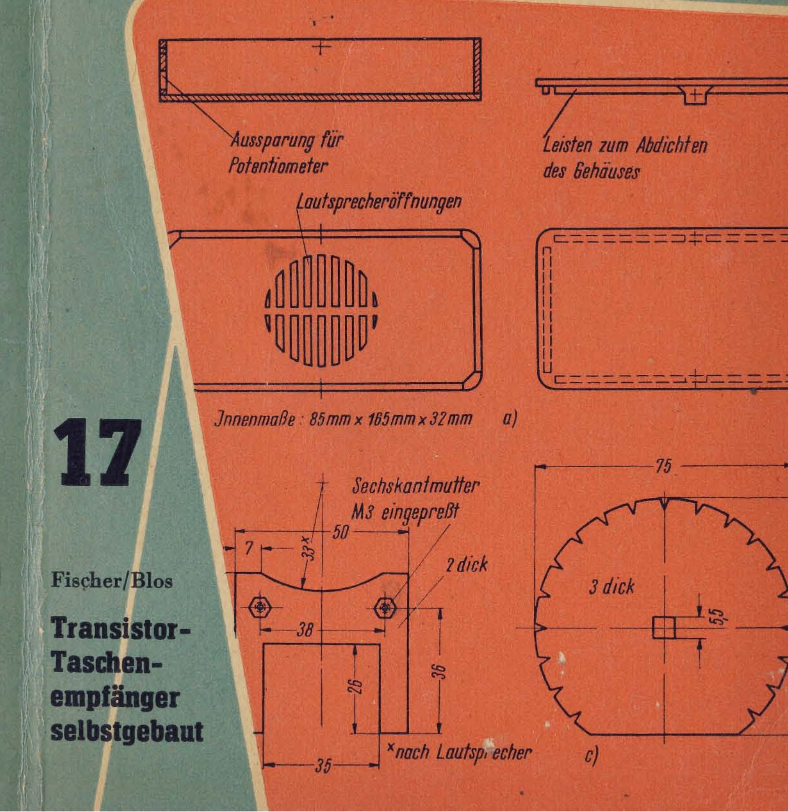
# DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR

**17**

Fischer/Blos

**Transistor-Taschenempfänger selbstgebaut**



Der praktische Funkamateur • Band 17

Transistor-Taschenempfänger selbstgebaut

HANS-JOACHIM FISCHER
VITUS BLOS

# Transistor-Taschenempfänger selbstgebaut




VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1961

Redaktionsschluß: 15. September 1960
Lektor: Wolfgang Kimmel
Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin

Gedruckt in der Deutschen Demokratischen Republik
Zeichnungen: Brigitta Westphal
Lizenz-Nr. 545/9/61 5/I 3307

# VORWORT

Die vorliegende Broschüre innerhalb der populären Reihe „DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR" soll aus der Praxis für den Bastler und alle an der Transistortechnik Interessierten eine Einführung in dieses neue Gebiet der Halbleiteranwendung sein. Daß als erste Bauanleitung gerade die eines Taschenempfängers erscheint, hat seinen Grund darin, daß für diesen Zweck die Transistoren besonders geeignet sind und auch weite Kreise der Jugend ein derartiges kleines Gerät für Sport und Wandern gut gebrauchen können. Da die Transistoren noch recht neue Bauelemente sind und in ihren Daten unterschiedlich ausfallen, wird man beim Aufbau des Gerätes um einiges Probieren nicht herumkommen.

Es sei deshalb hier zu Anfang gesagt, daß neben Interesse am Basteln auch Geduld und Ausdauer vorhanden sein müssen. Alle in vorliegender Broschüre angegebenen Werte und Hinweise sind praktisch erprobt.

Wenn beim Leser das Interesse an einem tieferen Eindringen in das Transistorgebiet geweckt worden ist und der kleine Empfänger zur Zufriedenheit spielt, ist der Zweck des Buches erfüllt.

Die Verfasser danken dem Verlag Sport und Technik für die Unterstützung und das fördernde Interesse.

Verfasser und Verlag

Berlin, September 1960

## INHALTSVERZEICHNIS

# 1. KENNZEICHEN DES EMPFÄNGERS

Bevor auf die technischen Besonderheiten des Empfängers eingegangen wird, soll kurz das wichtigste Bauelement des Gerätes – der Transistor – beschrieben werden.

Im Jahre 1948 fanden die amerikanischen Physiker Bardeen, Brattain und Shockley bei der Weiterentwicklung von Halbleiterdioden den Verstärkereffekt bei einem Germaniumkristall mit zwei aufgesetzten Spitzen. Von dieser Entdeckung des Halbleiterverstärkereffektes bis zum Bauelement „Transistor" (aus den englischen Worten „transfer" = übertragen und „resistor" = Widerstand zusammengesetzt) war es ein langer Entwicklungsweg. In den meisten hochtechnisierten Ländern stehen heute in großem Umfange industriell gefertigte Transistoren für Gerätebauer und Bastler zur Verfügung. Die zur Zeit in der Welt gefertigten Stückzahlen liegen bei einigen 100 Millionen pro Jahr.

In der Deutschen Demokratischen Republik ist seit etwa einem Jahr die Halbleiterfertigung im „VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder" angelaufen, nachdem im Institut für Halbleitertechnik unter Leitung von Nationalpreisträger Prof. Dr. M. Falter die Vorarbeiten geleistet worden waren. Der volkseigene Handel bietet Transistoren der Typen OC 810 bis OC 821 (siehe Anhang) an.

Aus den vielen **Vorteilen,** die dieses neue Bauelement besitzt, soll nur erwähnt werden, was für den Bau des Taschenempfängers bedeutsam ist.

Der Tansistor ist kleiner als die Röhre

Vergleicht man das Volumen einer Batteriepentode DF 96 mit dem eines Transistors der Reihe OC 810 bis OC 823, so wird sein Vorteil, betrachtet am Raumbedarf, besonders deutlich. Es lassen sich anstelle einer Röhre etwa 30 Transistoren im gleichen Volumen anordnen.

### Der Transistor benötigt keine Heizung

Da der Verstärkereffekt im Germaniumkristall bei Zimmertemperatur vor sich geht, benötigt er keine Heizleistung. Wird eine durchschnittliche Batterieröhre mit 25 mA Heizstrom bei 1,2 V Heizspannung angenommen, so ist eine Heizleistung von 30 mW erforderlich. Der in der Broschüre beschriebene Empfänger besitzt vier Transistoren und verbraucht insgesamt nur eine Leistung von 40 mW, was etwa der Heizleistung der oben erwähnten Batterieröhre entspricht.

### Der Transistor arbeitet bei niedrigen Batteriespannungen

Im Gegensatz zur Röhre, an die im allgemeinen Anodenspannungen von 20 bis 100 V angelegt werden müssen, damit ein Elektronenstrom im Hochvakuum fließt, genügen für den Transistor eine Kollektorspannung von 3 bis 12 V. Zum Speisen unseres zu bauenden Empfängers genügt eine handelsübliche Flachbatterie von 4,5 V oder zwei Stabbatterien von je 3 V. Trotzdem wird eine Endleistung von mehr als 10 mW erzielt. Der Wirkungsgrad, als das Verhältnis von hereingegebener zu herausbekommener Leistung, für den Transistorempfänger beträgt rund 10/40 = 0,25 oder 25 Prozent.

Ein in der Leistung etwa gleicher Röhrenempfänger weist etwa folgende Strombilanz auf:

Heizung: 1,2 V 100 mA, Anodenversorgung 67,5 V 8 mA<br>
Heizleistung: 0,12 Watt<br>
Anodenleistg.: 0,54 Watt<br>
Summe: 0,66 Watt Dabei Ausgangsleistung 50 mW

Für den Wirkungsgrad ergibt sich dann 0,05/0,66 = 0,076 oder 7,6 Prozent.

Diese kurze Rechnung zeigt, daß für kleine tragbare Batterieempfänger die Transistorbestückung eindeutige wirtschaftliche Vorteile bietet. Eine in der Sowjetunion angestellte Untersuchung hat ergeben, daß beim Umstellen aller jetzt vorhandener Rundfunk- und Fernsehempfänger auf

Transistoren eine elektrische Leistung eingespart werden kann, die der des Kuibyschewer Wasserkraftwerkes entspricht.

## Der Transistor besitzt eine hohe Lebensdauer

Da, wie bereits erwähnt, der Verstärkermechanismus bei Zimmertemperatur wirkt und keine komplizierten, dem Verschleiß unterworfenen Teile verwendet werden, ist seine Lebensdauer praktisch unbegrenzt. Es sind in verschiedenen Ländern schon Lebensdaueruntersuchungen an Transistoren durchgeführt worden. Das Ergebnis zeigt, daß 100 000 Stunden fehlerfreie Arbeitsweise bei der Mehrzahl der Transistoren möglich ist.

## Der Transistor ist stoßfest

Im Gegensatz zur Röhre, die oft mehrere mechanisch sehr empfindliche Gitter besitzt, besteht der Transistor nur aus dem in der Regel etwa 1 $mm^2$ großen Germaniumplättchen, auf das von beiden Seiten kleine Indiumperlen aufgelötet

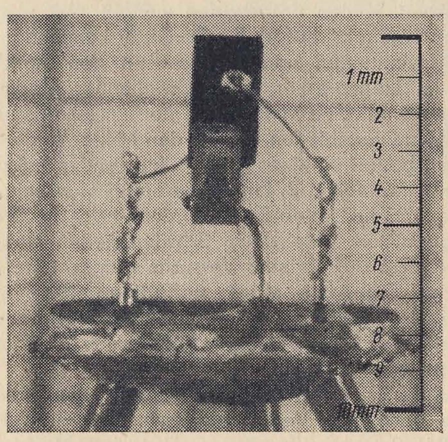



Bild 1. Aufbau eines Germanium-Flächentransistors der Reihe OC 810 bis 813. Reihenfolge der Anschlüsse von links nach rechts: Kollektor, Basis, Emitter

werden. Diese stehen wiederum mit den Anschlußdrähten in Verbindung. Die drei Anschlußdrähte sind in einem Fuß eingeschmolzen. Der Transistor wird dann mit einer Schutzkappe versehen und meist in ein Isolationsmittel getaucht, so daß er innerhalb der Schutzkappe fest angeordnet ist. Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Transistors der Type OC 811. Das Ge-Kristall-Plättchen, die beiden Perlen für Emitter und Kollektor und der Fuß mit den eingeschmolzenen Drähten sind zu erkennen. Das Schaltbild des Transistors trägt diesem Aufbau symbolisch Rechnung (Bild 2).

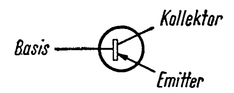



Bild 2. Schaltbild des Transistors

Für den Aufbau von Taschenempfängern ist die Stoßfestigkeit des Transistors von besonderem Vorteil, denn derartige Geräte werden rauh behandelt. Bei Röhren tritt, wenn sie mechanischen Stößen unterworfen werden, der sogenannte „Mikrophonie-Effekt" auf, d. h., die Gitter kommen in mechanische Schwingungen und beeinflussen den Anodenstrom so, daß im Lautsprecher ein nachhallender glockenartiger Ton hörbar wird, dessen Höhe je nach mechanischem Aufbau der Röhre verschieden ist. Um den Mikrophonie-Effekt zu beseitigen, bedarf es eines großen Aufwandes bei der Konstruktion. So werden z. B. Eingangsstufenröhren bei empfindlichen Verstärkern federnd angeordnet oder in Schwammgummi gepolstert. Alle diese Schwierigkeiten treten beim Transistor nicht auf. Es sind Versuche gemacht worden, bei denen der Transistor einer stoßartigen Beschleunigung unterworfen wurde, die das Zwanzigtausendfache der Erdbeschleunigung betrug. Dabei blieb seine Wirkungsweise unbeeinflußt.

Der Transistor ist der Röhre aber nicht in allen Fällen überlegen. Je nach dem Verwendungszweck ist das eine oder andere Bauelement vorzuziehen. Von den **Nachteilen** der Transistoren seien nur die unser Gerät betreffenden angeführt.

## Der Transistor besitzt eine niedrige obere Grenzfrequenz

Diese Feststellung trifft für die zur Zeit in der DDR gefertigten Typen zu und erschwert die Auswahl eines geeigneten Audiontransistors. Für diesen muß eine obere Grenzfrequenz von 2 bis 4 MHz gefordert werden. Nicht alle Transistoren der Type OC 813 werden diesem Anspruch gerecht, so daß es vorkommen kann, daß sich das Audion im kurzwelligen Teil des Mittelwellenbereiches nicht mehr rückkoppeln läßt. Hier hilft nur ein Aussuchen. Die Erfahrung lehrt, daß etwa die Hälfte der angelieferten Transistoren OC 813 bis zu einer Frequenz von 1500 kHz schwingen. In allen Laboratorien der Welt wird intensiv an der Erweiterung des Frequenzbereiches der Transistoren gearbeitet. Es liegen z. Zt. in der UdSSR und in den USA Transistoren mit einer Grenzfrequenz von 1000 MHz vor. Diese sind jedoch technologisch schwierig herzustellen und außerdem teuer. Vom Institut für Halbleitertechnik der DDR wurden uns einige Muster des im Jahre 1961 in die Produktion gehenden HF-Transistors OC 871 zur Verfügung gestellt. Diese haben eine ausreichend hohe Grenzfrequenz und konnten alle einwandfrei zum Schwingen gebracht werden. Für die spätere Bestückung des Transistoraudions wird daher diese Type vorgesehen.

## Der Transistor ist temperaturempfindlich

Die Herstellung des Transistors aus Germanium und die Wirkungsweise bedingen eine starke Temperaturabhängigkeit der im Transistor fließenden Ströme. Es ändert sich z. B. der Kollektorreststrom eines Transistors OC 815 (Daten siehe Anhang) von 0,1 bis 1 mA bei einer Temperaturveränderung von 20 °C. Unter Kollektorreststrom wird der bei offenem Basiskreis im Kollektorstromkreis bei der Betriebsspannung fließende Strom verstanden. Die angegebenen Werte gelten für die Basisschaltung (d. h., in dieser Schaltung ist die Basis gemeinsamer Punkt der beiden über den Transistor verkoppelten Stromkreise). Verwendet man die Emitterschaltung (Bild 3 b), dann ergeben sich bei 80 °C Umgebungstemperatur mehrere 100 mA Kollektorreststrom. Mit einer Ände-

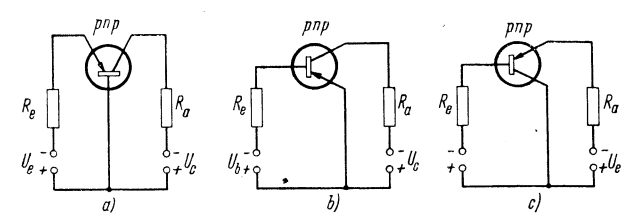



Bild 3. Die drei Grundschaltungen des Transistors. a) Basisschaltung; b) Emitterschaltung; c) Kollektorschaltung

rung der Temperatur verändern sich auch die Transistorkenndaten, wie z. B. Stromverstärkung, Eingangswiderstand oder Ausgangswiderstand. Bei der Erwärmung muß zwischen der Eigenerwärmung des Transistors durch die in ihm umgesetzte Leistung und der Erwärmung durch die Umgebungstemperatur unterschieden werden. Es gibt bestimmte Schaltungen, die eine Temperaturstabilisierung der Anordnung erreichen lassen. Besonders wichtig ist dieses Problem für die Endstufe. Hier kann eine falsch bemessene Schaltung zwar bei 20 °C Umgebungstemperatur gute Resultate bringen, erwärmt sich aber das Gerät auf 50 bis 60 °C – z. B. im Sommer – dann setzt die Endstufe aus, und der Transistor wird durch Wärmedurchschlag zerstört. Unter Wärmedurchschlag wird ein Zerstören der pn-Schicht zwischen Basis und Kollektor durch elektrische oder thermische Überlastung verstanden. Germaniumtransistoren werden auch ohne Belastung bei Temperaturen über + 100 °C für immer unbrauchbar. Dagegen liegt die obere Temperaturgrenze für Siliziumtransistoren bei + 150 °C. Forschungsarbeiten (z. B. am Siliziumkarbid) ergeben die Möglichkeit, Transistoren für noch höhere Temperaturen aufzubauen. Leider stehen Siliziumtransistoren z. Zt. in der DDR noch nicht zur Verfügung.

### Der Transistor benötigt eine Steuerleistung

Im Gegensatz zur Röhre wird der Transistor durch einen Strom angesteuert. Dieser im Basiskreis fließende Strom muß am Basis-Emitter-Innenwiderstand eine Treibspannung für die Ladungsträger erzeugen. Es ist demzufolge für die

Ansteuerung des Transistors eine – wenn auch sehr kleine – Steuerleistung aufzubringen. Es genügen natürlich dafür einige Mikrowatt oder noch weniger, aber für unseren speziellen Fall ergeben sich hieraus folgende Probleme:

Das Audion verwendet die Energie des einfallenden Rundfunksenders zur Demodulation. Es steht eine von der Feldstärke abhängige HF-Spannung am Kreis zur Verfügung, die durch Resonanz und Entdämpfung durch Rückkopplung erhöht wird. Wird eine Ferritantenne verwendet, dann hat diese eine geringe effektive Höhe und entnimmt dem HF-Feld nur eine kleine Spannung. Während die Röhre einen hohen Eingangswiderstand besitzt und die volle am Kreis wirkende Spannung zur Aussteuerung benutzt, ergibt sich beim Transistoraudion auf Grund des niedrigeren Eingangswiderstandes und der Tatsache der Notwendigkeit einer Steuerleistung eine geringere Empfindlichkeit. Das beschriebene Gerät ist deshalb nicht so empfindlich, wie ein Röhrengerät. Im Raum von Berlin können damit aber immer noch ohne Hochantenne 4 bis 5 Sender empfangen werden. Aus dem Gesagten ergibt sich, daß es für Transistorempfänger vorteilhafter ist, die Überlagerungsschaltung anzuwenden und einen Taschensuper aufzubauen. Leider ist das für die Mehrzahl der Bastler ein kompliziertes Unterfangen, weil mehrere Kreise abzugleichen sind und kritische Einstellwerte des Mischers längeres Probieren erfordern. Es ist deshalb bewußt darauf verzichtet worden, eine Superhetschaltung zu bringen, weil der Anfänger oft daran scheitert. Für versierte Amateure ist am Schluß dieser Broschüre eine moderne sowjetische Schaltung für einen Vier-Transistor-Super angegeben. Für die weiteren Betrachtungen muß vorausgesetzt werden, daß die Grundlagen des Transistors und seiner Wirkungsweise bekannt sind (Siehe Literaturverzeichnis).

## 2. BESCHREIBUNG DER SCHALTUNG DES GERÄTES

Nachdem die Vor- und Nachteile des neuen Bauelementes dargestellt worden sind, soll nunmehr die erprobte Schaltung in ihren Einzelheiten beschrieben werden. Das Gesamt-

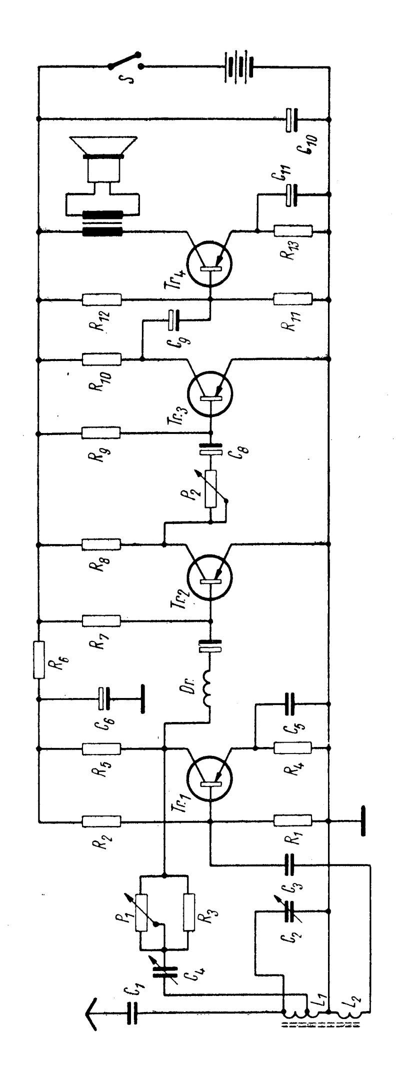



Bild 4. Gesamtschaltbild des Gerätes

schaltbild des Gerätes zeigt Bild 4. Das Gerät ist ein vierstufiger Einkreiser, der aus einem Audion in Emitterschaltung, zwei NF-Verstärkerstufen und der Endstufe in A-Betrieb besteht.
Als Kernstück des Empfängers ist das Audion anzusprechen, deshalb soll seine Schaltung (Bild 5) nochmals gesondert

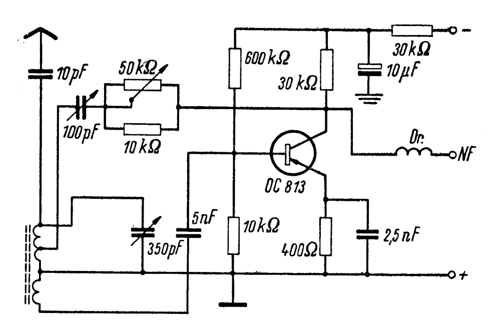



Bild 5. Audion in Emitterschaltung (Auszug aus Bild 4)

betrachtet werden. Die Kreisspule ist auf einem Ferritstab aufgebracht, so daß der magnetische Feldvektor des HF-Feldes eines Rundfunksenders in dieser Spule eine Spannung induziert. Parallel zur Spule ist der Abstimmdrehkondensator angeordnet, der bei höchsten Ansprüchen an Empfindlichkeit und genügend vorhandenen Platz, ein Miniatur-Luftdrehkondensator sein sollte. Für den vorliegenden Empfänger wurde ein leicht erhältlicher Hartpapierdrehkondensator mit Trolituldielektrikum umgebaut. Näheres hierzu siehe Abschnitt 3. Am heißen Ende des Schwingkreises kann bei ungünstigen Empfangsbedingungen eine Hilfsantenne (einige Meter Litze) angekoppelt werden. Damit diese Ankopplung lose bleibt und der Schwingkreis nicht unzulässig bedämpft und verstimmt wird, ist ein Koppelkondensator von 5 bis 10 pF dazwischengeschaltet. Der Audiontransistor wird in Emitterschaltung betrieben. Es ergibt sich in dieser Schaltung ein höherer Eingangswiderstand und im allgemeinen eine größere Verstärkung. Allerdings muß für diese Schaltung der Transistor OC 813 ausgewählt

werden. Es gelingt nicht mit allen serienmäßig gelieferten Transistoren, den Schwingungseinsatz der Rückkopplung bis 1500 kHz zu garantieren. Bei den von uns durchgeführten Versuchen erwiesen sich diejenigen Transistoren des Typs OC 813 als geeignet, die eine Stromverstärkung $\beta$ von 60 bis 100 besitzen. Das Lieferwerk kennzeichnet die Transistoren in ihrem $\beta$-Wert durch einen Farbpunkt, ähnlich wie dies bei den Miniaturwiderständen zur Wertkennzeichnung der Fall ist. Es bedeutet z. B. ein gelber Punkt ein $\beta = 40$, grün = 50 und blau = 60. Transistoren mit einem blauen Farbpunkt haben in der angegebenen Schaltung einwandfrei funktioniert.
Die hier angegebenen Schwierigkeiten beruhen darauf, daß die bisher in der DDR gefertigten Transistoren für Niederfrequenzzwecke geeignet sind und die Grenzfrequenz der Type OC 813 zu niedrig liegt. Durch die Entwicklung der speziellen HF-Transistoren OC 871 und 872 wird dieser Mangel behoben. Die angegebene Schaltung wurde mit dem Transistor (OC 871) aus Laborfertigung bereits erprobt und ergab gute Resultate. Die Schaltung kann für diesen Transistortyp ohne Wertänderung übernommen werden.
Die obere Grenzfrequenz eines Transistors ist nun keine feste und unveränderliche Größe, sondern sie kann durch geeignete Wahl der Schaltung weiter heraufgesetzt werden. Auf Grund der physikalischen Wirkungsweise des Transistors kann die Grenzfrequenz auf folgende Art vergrößert werden:

a) Durch Wahl eines möglichst kleinen Kollektorstromes (dem steht allerdings dann die absinkende Stromverstärkung entgegen).

b) Durch Wahl einer hohen Kollektorspannung (Diese ist nach oben durch die maximal zulässige Kollektorspannung begrenzt, die bei den genannten Transistortypen 10 V beträgt).

c) Durch geeignete Auslegung des Rückkopplungskreises.

Im Falle des beschriebenen Taschenempfängers war der Wunsch nach Einbau einer überall leicht erhältlichen Primärbatterie ausschlaggebend, und es wurde eine 4,5-V-Flachbatterie der Type BDT 4,5 verwendet.

Natürlich kann an Stelle dessen eine Spannung von 6 V (zwei Stabbatterien) oder 9 V (6 Miniaturzellen) verwendet werden, nur muß in letzterem Falle die Endstufe umdimensioniert werden. Höhere Betriebsspannung bringt höhere Verstärkung der einzelnen Stufen und Verbesserung der oberen Grenzfrequenz; auch kann der Endstufe eine größere Leistung entnommen werden. Nachteilig ist dabei jedoch immer der hohe Aufwand an der Batterieseite. Für den vorliegenden Fall wurde die 4,5-V-Flachbatterie als zweckmäßig erachtet und eingebaut.

Die Ankopplung des in Emitterschaltung arbeitenden Audiontransistors an den Eingangskreis erfolgt über eine am kalten Ende der Kreisspule angeordnete Koppelspule, die etwa $^1/_4$ bis $^1/_5$ der Windungszahl der Schwingkreisspule hat. Die Zahl der Kopplungswindungen beeinflußt die Trennschärfe und Empfindlichkeit des Gerätes. Bei zu hoher Windungszahl ist zwar die Lautstärke ausreichend hoch, die Trennschärfe jedoch unzureichend. Im Fall der zu geringen Ankopplung wird die Abstimmung auf einen Sender erschwert, und es ergibt sich eine geringere Lautstärke. Hier kann durch Ändern des Abstandes der einzelnen Windungen oder der ganzen Spule von der Kreisspule auf optimale Werte eingetrimmt werden. Die gleichstrommäßige Arbeitspunkteinstellung des Audiontransistors erfolgt über die Emitterkombination (die vorwiegend der Gleichstrom-Gegenkopplung zur Temperaturstabilisierung dient), den Basisspannungsteiler und den Außenwiderstand im Kollektorkreis. Der in der Schaltung im Basisspannungsteiler angegebene Wert von 600 kOhm ist als Richtwert aufzufassen, da er sich auf Grund der Exemplarstreuungen der Transistoren in den Grenzen von 200 kOhm bis 1 MOhm ändern kann. Er muß auf jeden Fall beim Abgleich individuell eingestellt werden, damit beste Empfindlichkeit erreicht wird. Vom Kollektorkreis erfolgt an eine Anzapfung der Schwingkreisspule die Rückkopplung zur Entdämpfung des Schwingkreises. Der Grad der Rückkopplung wird im vorliegenden Gerät durch ein Potentiometer eingestellt. Mittels des Trimmers (der später durch einen Festkondensator ersetzt wird) erfolgt die Grobeinstellung der Rückkopplung so, daß über den ganzen

Wellenbereich der Schwingungseinsatz möglich ist, während mittels des Potentiometers dann die Feineinstellung und damit das Erzielen der höchsten Empfindlichkeit möglich ist. Das Rückkopplungspotentiometer $P_1$ sollte logarithmischen Widerstandsverlauf besitzen, damit eine gute Regelung der Rückkopplung erzielt wird. Die hier angegebene Lösung 50 kOhm parallel 10 kOhm ist als Ausweichlösung zu betrachten. Der optimale Wert des Potentiometers liegt bei 5 . . . 10 kOhm.
Damit die im Kollektorkreis auftretende HF-Spannung – die ja zur Rückkopplung benutzt wird – nicht in den NF-Verstärker gelangt, wird zwischen Kollektor des Audions und der Basis der ersten NF-Stufe eine Drossel von etwa 10 mH eingeschaltet. Diese muß möglichst kapazitätsarm und streuarm ausgeführt werden. Von dieser Drossel hängt der gute Schwingungseinsatz des Audions in großem Maße ab. Damit der Basiskreis nicht über die Ankopplungsspule nach Chassis kurzgeschlossen wird, ist zwischen Koppelspule und Basisspannungsteiler ein Trennkondensator von 5 nF eingeschaltet. Die gleichgerichtete und verstärkte Spannung gelangt dann zum dreistufigen NF-Verstärker (einschließlich der Endstufe gerechnet) und wird bis zu der für den Lautsprecher erforderlichen Leistung weiterverstärkt.

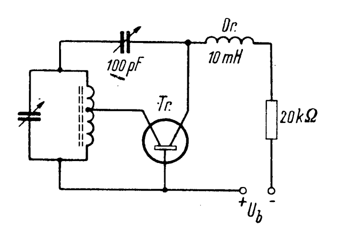



Bild 6. Audion in Basisschaltung

Sollte es mit den vorhandenen Transistoren der Type OC 813 nicht möglich sein, über den Mittelwellenbereich hinweg ausreichende Empfindlichkeit und Rückkopplung zu erzielen, dann muß ein Audion in Basisschaltung nach Bild 6 in das Gerät eingebaut werden. Es sei aber an dieser Stelle

gesagt, daß diese Änderung einen Empfindlichkeitsverlust bringt, der in folgendem begründet ist:

a) Der Eingangswiderstand der Basisstufe ist wesentlich niedriger als der der Emitterstufe; es muß deshalb geringer angekoppelt werden, und die Steuerspannung für den Transistor wird kleiner.

b) Die Stufenverstärkung der Basisschaltung ist etwas niedriger als die der Emitterschaltung. Es ergibt sich also auch eine geringere Ausgangsspannung.

c) Die Rückkopplung setzt hart ein. Hierdurch kann nicht die volle Empfindlichkeitserhöhung durch Anziehen der Rückkopplung ausgenutzt werden.

Trotz dieser Nachteile genügt ein Audion in Basisschaltung den gestellten Ansprüchen. Es ist in manchen Fällen der einzige Ausweg, trotz ungenügender HF-Transistoren doch einen Einkreisempfänger zu bauen.

Das Audion ist sehr empfindlich gegen Änderungen der Speisespannung. Es kann vorkommen, daß bei Nachlassen der Batteriespannung kein Rückkopplungseinsatz mehr möglich ist. Deshalb wird empfohlen, die Batterie nur bis zu einer Spannung von 3,5 V auszunutzen. Da beim Altern der Batterie ihr Innenwiderstand ansteigt, ist dadurch die Gefahr gegeben, daß eine Rückkopplung über die Batterie erfolgen kann, die sich in „Blubbern" äußert. Es treten hierbei niederfrequente Kippschwingungen auf. Dieser Effekt wird vermieden, wenn das Audion über ein RC-Siebglied von der Batterie entkoppelt ist. Die Werte des Siebgliedes können aus Bild 4 entnommen werden (s. auch 7. Stückliste S. 48/49).

Der NF-Verstärker hat die Aufgabe, die geringen Ausgangsspannungen des Audions auf einen solchen Wert zu verstärken, daß der Endstufentransistor damit ausgesteuert werden kann. Von der schaltungstechnischen Seite her gesehen besteht der NF-Verstärker aus zwei Teilen: dem NF-Spannungsverstärker (zweistufig) und dem NF-Leistungsverstärker (einstufig). Der Leistungsverstärker kann sowohl in Eintakt-A- als auch in Gegentakt-B-Schaltung ausgeführt sein. Letztere ergibt eine größere Sprechleistung, hat jedoch den Nachteil, daß

a) die verwendeten Transistoren paarweise ausgesucht sein müssen, damit keine Verzerrungen durch Kennlinienüberschneidungen oder einseitige Strombegrenzung auftreten;

b) ein Gegentakt-Eingangstransformator erforderlich wird, der hohen Anforderungen an Symmetrie und Streuarmut genügen muß. Der Selbstbau bereitet daher Schwierigkeiten;

c) gleichfalls ein spezieller Gegentakt-Ausgangsübertrager notwendig wird, für den das gleiche wie für den Eingangsübertrager gilt.

Aus den angeführten Gründen wird im vorliegenden Taschenempfänger eine Eintakt-A-Endstufe eingebaut, für die nur ein handelsüblicher NF-Übertrager 5 : 1 beschafft werden muß.

Zunächst soll nach dem Gesamtschaltbild (Bild 4) die Beschreibung der beiden Spannungsverstärkerstufen erfolgen. Sie sind so einfach wie möglich aufgebaut und benutzen ein Minimum an Schaltteilen. Die vom Kollektor des Audions abgenommene NF-Spannung gelangt über die HF-Drossel Dr von etwa 10 mH und den Koppelkondensator 10 μF an die Basis des Transistors OC 811. Der zum Einstellen des Gleichstromarbeitspunktes erforderliche Basisstrom wird über einen hohen Serienwiderstand nach — $U_b$ konstant gehalten. Wird dieser Widerstand direkt zwischen Basis und Kollektor, also vor den Außenwiderstand (an dessen „heißes Ende") geschaltet, so ergibt sich eine zusätzliche Stabilisierung durch Gegenkopplung. Die Stufenverstärkung sinkt bei dieser Schaltungsart allerdings etwas ab. Durch Verändern des Wertes dieses Widerstandes wird die Stufe auf optimale Verstärkung eingestellt. Das erfolgt an der fertigen Schaltung nach Gehör auf größte Lautstärke und Klirrfreiheit eines empfangenen Senders. Für den Abgleich wird an Stelle des Festwiderstandes ein kleines Trimmpotentiometer (z. B. der Widerstandtrimmer des VEB Elrado Dorfhain) eingebaut und mit diesem nach Anlegen der Betriebsspannung der richtige Arbeitspunkt eingestellt. Danach löten wir für das eingestellte Potentiometer einen entsprechenden Festwiderstand ein. Der Ohmwert des Trimmers wird mit einem Ohmmeter gemessen. Wird der Transistor einmal ausgebaut und durch einen anderen ersetzt, muß das Abgleichen wiederholt

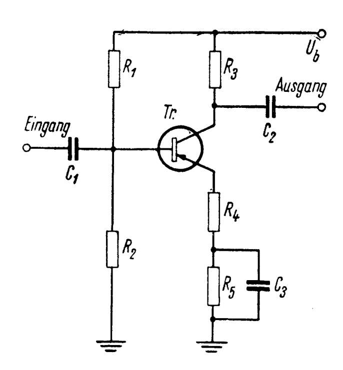



Bild 7. Schaltung eines gegengekoppelten und temperaturkompensierten NF-Verstärkers

werden. Soll die Schaltung von den Exemplarstreuungen der Transistoren unabhängig werden, dann wird die dargestellte Schaltung nach Bild 7 empfohlen. Sie bewirkt einen Ausgleich der streuenden Transistoreigenschaften auf folgende Weise:

a) Der Arbeitspunkt wird bei gegebenem Kollektorwiderstand $R_3$ und Emitterkreiswiderstand $(R_4 + R_5)$ durch einen niederohmigen Basisspannungsteiler konstant gehalten. Die Widerstände sind so zu wählen, daß der Querstrom durch den Basisspannungsteiler etwa den 10fachen Wert des für die Arbeitspunkteinstellung erforderlichen Basisstromes hat. Das Verhältnis der Widerstände $R_1$ und $R_2$ hängt vom Verhältnis der Widerstände $R_3$ und $R_4 + R_5$ ab. In bezug auf den Emitter muß die Basis eine geringe negative Spannung erhalten. Bei positiven Basisspannungen ist der Transistor gesperrt, es fließt kein Kollektorstrom.

b) Eine thermische Stabilisierung der Schaltung wird durch den niederohmigen Basisspannungsteiler im Zusammenwirken mit dem Emitterkreiswiderstand erreicht. Ein großer Widerstand im Emitterkreis stabilisiert den Kollektorstrom und damit die gesamte Verstärkerstufe.

c) Die Verstärkerstufe wird stromgegengekoppelt durch Einbau des unüberbrückten Emitterkreiswiderstandes $R_4$

(Größenordnung 10 bis 100 Ohm). Nehmen wir eine Stufenverstärkung von 50 ohne Gegenkopplung an und koppeln um den Faktor 5 gegen, so werden alle Einflüsse des Transistors auf 20 Prozent reduziert. Die Stufenverstärkung ist trotzdem noch 10fach.
Wird nach den angegebenen Prinzipien ein NF-Verstärker aufgebaut, dann werden viele Stufen und pro Stufe viele Schaltelemente benötigt. Das ist für einen Taschenempfänger aber nicht tragbar, und deshalb wurde hier von diesem Bemessungsprinzip abgewichen und der Nachteil der individuellen Einstellung in Kauf genommen.
Die erste NF-Verstärkerstufe besitzt nur zwei Widerstände, den Basisvorwiderstand und den Kollektorkreis-Außenwiderstand. Die erzielte Stufenverstärkung liegt bei etwa 20. Die verstärkte NF-Spannung wird nun der Basis der zweiten NF-Stufe über einen Koppelkondensator zugeführt. Zwischen erster und zweiter NF-Stufe liegt jedoch bei Bedarf der Lautstärkeregler. Ob dieser erforderlich ist, hängt von der Empfangslage ab. Beim Einkreiser kann die Lautstärke natürlich durch Verändern der Rückkopplung geregelt werden.

Die Nachteile sind aber:

a) Durch Zurückdrehen der Rückkopplung wird die Selektivität vermindert, und ein benachbarter starker Sender kann durchschlagen.

b) Der Regelbereich ist nur gering und erfordert eine feinfühlige Einstellung.

c) Die Rückkopplungsregelung ist im allgemeinen nicht verstimmungsfrei, so daß vor allem bei schwachen Sendern oft die Abstimmung nachgeregelt werden muß.

Es ist deshalb besser, einen getrennten, NF-seitigen Lautstärkeregler einzubauen. Bei mehreren starken Ortssendern ist das unumgänglich. Es muß nun eine möglichst einfache Regelungsart gefunden werden, die die Gleichstromeinstellungen und die Belastung der Transistoren nicht beeinflußt. Es wurde deshalb ein Serienwiderstand als Regelglied vorgesehen. Hiermit kann in weiten Grenzen und ohne Beeinflussung der Stufen die Lautstärke eingestellt werden. Das

Prinzip dieser Regelung ist folgendes: Der Eingangswiderstand des Transistor-NF-Verstärkers ist relativ gering (einige kOhm) und bleibt konstant. Wird vor diesen Eingangswiderstand ein größerer Serienwiderstand gelegt, dann tritt eine Spannungsteilung auf, und die Basis des folgenden Transistors erhält eine geringere Steuerspannung.
Außer dieser Besonderheit der Lautstärkeregelung enthält auch die zweite NF-Stufe nur zwei Widerstände, und die weiterverstärkte NF-Spannung wird nunmehr der Endstufe zugeführt. In dieser erfolgt eine Leistungsverstärkung.
Wie aus dem Schaltbild ersichtlich, wird die Basisspannung über einen Spannungsteiler eingestellt. Das ist bei höher ausgesteuerten Stufen von Vorteil. Im Emitterkreis liegt zur gleichstrommäßigen Stabilisierung (Schutz gegen Überlastung) eine RC-Kombination. Im Kollektorkreis liegt die Primärwicklung des Ausgangsübertrages und an dessen Sekundärseite ist der Kleinstlautsprecher angeschlossen. Für alle im NF-Teil eingesetzten Transistoren gilt, daß sie eine möglichst hohe Stromverstärkung besitzen sollen. Es muß ausprobiert werden, ob der Ersatz eines mit rotem Farbpunkt gekennzeichneten Transistors durch einen derartigen mit Farbpunkt orange bei gleichzeitiger Neueinstellung des Arbeitspunktes etwas bringt. Im Mustergerät wurden die Typen OC 811 orange verwendet.
Der Endstufentransistor kann je nach Vorhandensein ein OC 811, 815 oder 820 sein. Mit dem OC 811 wird genügende Lautstärke erzielt. Es ist darauf zu achten, daß die Kollektorverlustleistung von 25 mW nicht überschritten wird. In unserem Fall, bei einer Batteriespannung von 4,5 V, ergibt sich ein maximal zulässiger Kollektorstrom von $I = N/U = 25/4,5 \approx 5,5$ mA. Verwenden wir dagegen einen Transistor OC 815, dann kann bis zum doppelten Strom ausgesteuert werden, weil die Kollektorverlustleistung des OC 815 50 mW beträgt. Das Ermitteln des richtigen Arbeitspunktes der Endstufe geschieht am besten im Kennlinienfeld. Es sind dann nur einige zusätzliche Rechnungen erforderlich. Der für das aufgebaute Gerät gewählte Arbeitspunkt berücksichtigt die Forderung des minimalen Stromverbrauchs. Wir verzichten lieber auf etwas Sprechleistung, als daß geringe Batterielebensdauer zugelassen wird.

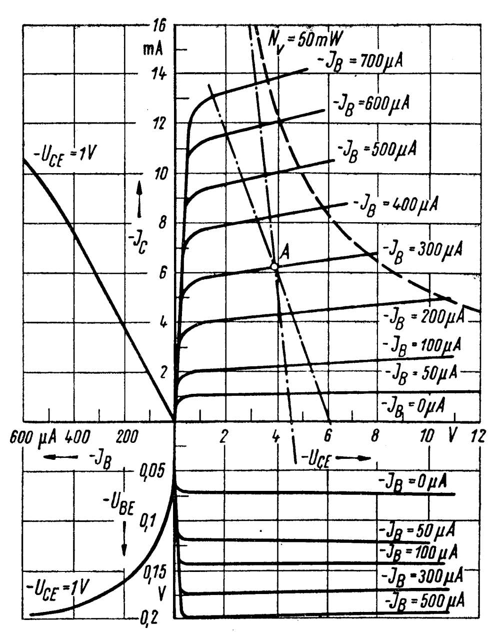



Bild 8. Bestimmung des Arbeitspunktes der Endstufe aus dem Kennlinienfeld. Strichpunktierte Linie: Außenwiderstandsgerade im Gleichstromfall. Gestrichelte Linie: Außenwiderstandsgerade im Wechselstromfall

Bild 8 zeigt das Kennlinienfeld des Transistors OC 815 in Emitterschaltung. Im Gegensatz zur Elektronenröhre, wo zwei Kennlinienfelder zur Charakterisierung genügen, wird der Transistor durch vier Kennlinienfelder gekennzeichnet. Davon sind die beiden oberen die wichtigsten, nämlich das Eingangs- und Ausgangskennlinienfeld. Die Kennlinie $I_C = f(I_B)$ entspricht der $I_a = f(U_g)$-Kennlinie bei der Elektronenröhre. Es kann aus dieser Kennlinie direkt die Stromverstärkung des Transistors abgelesen werden. Ändert man den Basisstrom z. B. um 100 µA, dann ändert sich der Kollektorstrom um 2 mA, das Verhältnis $\Delta I_C / \Delta I_B$ ist gleich der Stromverstärkung $\beta$ und in unserem Falle gleich 20.

Das uns für den Fall der Endstufe besonders interessierende Ausgangskennlinienfeld stellt $I_C = f(U_C)$ dar, wobei der Parameter der Basisstrom ist. Man bezeichnet als Parameter einer Kurvenschar eine Größe, die während des Durchlaufs einer Kurve konstant gehalten wird und die durch stufenweise Änderung die Kurvenschar hervorbringt. Mit Hilfe des Basisstromes wird der Arbeitspunkt des Endtransistors eingestellt, und durch Verändern der Basisspannung bzw. des Basisstromes durch das angelegte Signal erfolgt die Aussteuerung im Kennlinienfeld.

Wir erkennen, daß das Ausgangskennlinienfeld eines Transistors in Emitterschaltung dem einer Pentode ähnelt. Ähnlich wie beim Pentodenkennlinienfeld gibt es auch hier ein Gebiet, in das nicht hineingesteuert werden darf, wenn Verzerrungen vermieden werden sollen. Es liegt hier bei 0 bis 0,5 V $U_C$. Eine Restspannung von 0,3 bis 0,5 V muß also am Transistor verbleiben. Nach höheren Kollektorspannungen und -strömen ist das Kennlinienfeld durch die Grenzleistungshyperbel (gestrichelt eingezeichnet) abgeschlossen. Bei der Wahl des Arbeitspunktes müssen wir stets unterhalb dieser Grenzkurve bleiben, sonst wird der Transistor thermisch überlastet.

Wie bereits erwähnt, ist der maximal zulässige Kollektorstrom bei einer Betriebsspannung von 3,5 V und einer Kollektorverlustleistung von 50 mW : $I_c = N_c/U_c = 50/3{,}5 = 14{,}3$ mA. Bei einer Batteriespannung von 4,5 V und einem zugelassenen Spannungsabfall von 1 V im Kollektor- und Emitterkreis des Endstufentransistors darf der Gleichstromwiderstand im Ausgangskreis der Endstufe

$$R = (U_b - U_0) / I_c = 1/14{,}3 = 0{,}07 \text{ kOhm} = 70 \text{ Ohm}$$

betragen.

Im Ausgangskreis liegt der Stabilisierungswiderstand des Emitters und der Kupferwicklungswiderstand der Primärwicklung des Ausgangsübertragers. Wählen wir den Emitterwiderstand zu 40 Ohm, dann darf der primäre Gleichstromwiderstand des Übertragers 30 Ohm betragen. Nun kann die Widerstandsgerade ins Kennlinienfeld für diesen Fall eingezeichnet werden. Ihr Beginn liegt bei $I_c = 0$, $U_c = U_b$

$= 4{,}5$ V. Der zweite Punkt liegt bei $U_C = 0$ und $I_C = U_b/R$ $= 4{,}5/70 = 0{,}0642$ A $= 64{,}2$ mA. Die Widerstandslinie stellt eine Tangente an die Verlustleistungshyperbel dar.
Der wechselstrommäßige Außenwiderstand errechnet sich nun zu:

$$R_a = \frac{U_o - U_r}{I_o - I_{co}} = \frac{(3{,}5 - 0{,}4)}{(14{,}3 - 0{,}7)} = 0{,}23\ \text{k Ohm} = 230\ \text{Ohm}.$$

Hierbei bedeuten: $U_0$ = Spannung zwischen Kollektor und Emitter des Endtransistors im Arbeitspunkt, $U_r$ = Restspannung am Transistor im Arbeitspunkt, $I_0$ = Kollektorstrom im Arbeitspunkt und $I_{C0}$ = Kollektorreststrom.
Auch diese Widerstandsgerade läßt sich ins Kennlinienfeld einzeichnen. Ihr Schnittpunkt mit der $U_C$-Achse ergibt die auftretende Spitzenspannung.
Der verwendete Lautsprecher besitzt einen Schwingspulen-Scheinwiderstand von 8 Ohm. Dieser Wechselstromwiderstand muß durch den Ausgangsübertrager dem Wert von 230 Ohm angepaßt werden.
Das hierfür erforderliche Übersetzungsverhältnis ergibt sich zu

$$ü = \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} = \sqrt{\frac{230}{8}} = 5{,}5.$$

Es ist also ein Ausgangsübertrager 1 : 5,5 einzubauen. Die mit dieser Arbeitspunkteinstellung zu erzielende Ausgangsleistung beträgt:

$$N_a = \frac{1}{2}(U_o - U_r) \cdot (I_o - I_{co}) = 21{,}1\ \text{mW}.$$

Nachteilig ist bei der A-Endstufe, daß der dem Arbeitspunkt entsprechende Gleichstrom dauernd – unabhängig von der Aussteuerung – fließt. Deshalb sind wir bemüht, ihn niedrig zu halten. Es gibt auch noch eine andere Möglichkeit, Strom zu sparen: Wir verlagern den Arbeitspunkt im Ruhezustand auf einen kleinen Stromwert und erzeugen eine aussteuerungsabhängige Regelspannung, die den Arbeitspunkt bei größer werdenden Aussteuerungen zu höheren Kollektorströmen hin verlagert. Mit dieser Schaltung erzielen wir einen geringen Stromverbrauch in den Pausen der Über-

tragung. Nachteilig sind die komplizierte Einstellung und die Gefahr zusätzlicher Verzerrungen. Da eine Reihe zusätzlicher Bauelemente für diese Schaltung erforderlich werden und die Einstellung für den Anfänger zu schwierig ist, wurde diese Stromsparschaltung nicht ins Gerät eingebaut.

Im Empfänger ist eine A-Endstufe mit einem Kollektorstrom von etwa 4 mA eingebaut worden. Der Gleichstromwiderstand des Ausgangsübertrages beträgt primär 16,2 Ohm, im Emitterkreis liegt ein Stabilisierungswiderstand von 50 Ohm, so daß bei 4 mA insgesamt ein Spannungsabfall von etwa 0,3 V auftritt. Die Einstellung dieses Arbeitspunktes geschieht über den Basisspannungsteiler $R_{11}$—$R_{12}$. Durch Vergrößerung von $R_{12}$ kann ein kleinerer Kollektorstrom eingestellt und so eine Art „Sparschaltung" verwirklicht werden. Die erzielbare NF-Leistung liegt im Mittel bei 10 mW. Für den Betrieb bei geringen Umgebungsgeräuschen ist das auch meist ausreichend. In lärmerfüllten Räumen ist es zweckmäßiger, eine Gegentaktschaltung in B-Betrieb für die Endstufe zu benutzen. Im Abschnitt 5 werden hierzu noch einige Ausführungen folgen.

Der Kondensator $C_{10}$ direkt über der Batterie ist unbedingt erforderlich, da sonst bei Alterung der Batterie der Empfänger über deren hohen Innenwiderstand ins Schwingen kommen kann, was sich in einem „Blubbern" äußert.

Wie die praktischen Erfahrungen zeigten, ist der Einbau des NF-seitigen Lautstärkereglers meist erforderlich, besonders dann, wenn die Gesamtverstärkung so hoch getrieben wurde, daß das Rauschen des Audions stark hörbar ist. Man kann dann bei stark einfallenden Sendern das Rauschen durch Zurücknehmen des Lautstärkereglers verschwinden lassen. Der Ausgangsübertrager besitzt ein Übersetzungsverhältnis von etwa 5,5 : 1 und hat einen Blechkern des M30-Normschnitts mit 8 mm Paketstärke.

Der Ausschalter S kann mit dem Rückkopplungspotentiometer gekoppelt sein, er kann jedoch auch mit einem einzubauenden „Sparschalter" vereinigt werden.

Die Widerstände $R_2$, $R_7$, $R_9$ und $R_{12}$ müssen individuell eingestellt werden, da ihre Werte stark von den Eigenschaften der eingebauten Transistoren abhängen. Der Abgleich des Gerätes wird noch beschrieben.

## 3. KONSTRUKTIVE HINWEISE

Nachdem die Schaltung des kleinen Empfängers erläutert worden ist, kann die Umsetzung der Schaltung in das Gerät – d. h. die Konstruktion – besprochen werden. Die Schaltung gibt ja nicht die räumliche Anordnung der Bauelemente an, sondern nur die elektrische. Es liegt nun an dem Geschick des einzelnen, die Bauelemente auf kleinstem Raum zweckentsprechend anzuordnen. Beim Aufbau eines hochfrequenztechnischen Gerätes gilt die Grundregel, alle HF-führenden Leitungen so kurz wie möglich zu halten. Bei unserem Gerät muß also die Audionstufe mit kürzester Leitungsführung aufgebaut werden. Alle übrigen Stufen sind weniger kritisch. Im Vergleich zu einem Röhrengerät ist ein Transistorverstärker weniger empfindlich für äußere Einstreuungen, da die einzelnen Stufen mit geringeren Spannungen und kleineren Widerständen arbeiten. Über den Schaltungsaufbau soll am Ende dieses Abschnittes noch einiges gesagt werden.
Zunächst betrachten wir die äußere konstruktive Form. Die erste Entscheidung hinsichtlich der Größe liegt in der Frage Kopfhörer- oder Lautsprecherempfänger; denn bei Kopfhörerempfang kann das Gerät viel kleiner aufgebaut werden. Auch die Wahl der Stromversorgung hat Einfluß auf die Größe des Gerätes. Wir haben Lautsprecherempfang vorgesehen, als Stromquelle dient eine Taschenlampenbatterie. Unser Taschenempfänger soll möglichst flach aufgebaut werden. Die Bauelemente mit der größten Tiefe (Batterie und Lautsprecher mit Ausgangsübertrager) geben die Maße an. Bereits bei der Schaltungsbeschreibung wurde als Batterie die Type BDT 4,5 vorgesehen, weil sie überall erhältlich ist und gleichzeitig damit eine große Betriebsdauer erreicht werden kann. Der Lautsprecher ist die Type EGB – LP 558 – 0,1 W (Sternchen-Lautsprecher) und hat eine Einbautiefe von 24 mm bei einem Durchmesser von 65 mm. Da spezielle Miniaturdrehkondensatoren bei uns leider noch nicht erhältlich sind, wurde als Abstimmdrehkondensator ein handelsüblicher Quetsch-Drehkondensator mit Styroflex-Dielektrikum verwendet. Er ist jedoch in der Lagerung äußerst unstabil und wurde umgebaut. Die Maße des Drehkonden-

sators betragen etwa 40×40×10 mm. Ein weiteres platzforderndes Bauelement ist der Ausgangsübertrager der Kerngröße M 30. Diese vier großen Bauelemente bestimmen die Gesamtgröße des Empfängers, denn das Kleinmaterial, wie Widerstände und Kondensatoren, läßt sich immer zwischen den großen Bauteilen unterbringen.

Wer sich nun nicht nach unserer Konstruktion richten will, nimmt einen Bogen Millimeterpapier und legt die Bauelemente Batterie, Lautsprecher, Ausgangsübertrager und Drehkondensator darauf. Durch verschiedene Anordnung dieser Bauelemente läßt sich der kleinstmögliche Raum in seinen Außenabmessungen ermitteln. Die maximale Höhe der Bauteile bestimmt die Gerätetiefe. Nach den gefundenen Maßen wird das Gehäuse angefertigt. Es ist nicht ratsam, ein Standardgehäuse zu verwenden, weil es beim Einbau erfahrungsgemäß Platzschwierigkeiten gibt. Besser ist es, das Gehäuse für das kleine Gerät selbst zu bauen.

Das Gehäuse muß, da es als Taschengerät rauher Behandlung ausgesetzt ist, robust aufgebaut sein. Als Material ist Holz oder Vinidur (PVC hart) zu empfehlen. Ein geschlossenes Metallgehäuse darf nicht verwendet werden, da sonst die Ferritantenne durch die durch das Gehäuse gebildete äußere Kurzschlußwicklung unwirksam gemacht wird. Ein aus Holz gefertigtes Gehäuse kann geklebt oder genagelt werden. Um ein gefälliges Aussehen zu erreichen, wird es mit Kunstleder oder Plastikfolie überzogen oder lackiert. Beim Verwenden von Vinidur kann das Gehäuse ohne weitere Nacharbeiten benutzt werden. Der Vorteil von Vinidur besteht darin, daß es sich schweißen und kleben läßt. Beim Schweißen müssen die Nahtstellen nachgearbeitet werden. Beim vorliegenden Mustergerät wurden die Gehäusewände geklebt. Als Kleber diente PCD 13 (Hersteller VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld).

Das Gehäuse des Gerätes hat die Außenmaße 90×170×37 mm. Das Material ist 3 mm dick. Zunächst wird die Frontplatte mit den Ausschnitten für den Lautsprecher hergestellt. Das Material läßt sich gut mit der Laubsäge bearbeiten. Der Lautsprecherausschnitt ist als Loch- oder Stegmuster auszuführen. Der Ausschnitt kann mit Stoff

hinterlegt werden. Ein Aussparen des Lautsprecherloches ohne Gitter ist nicht zu empfehlen, weil sonst die Membrane des Lautsprechers leicht durch Stoß beschädigt werden kann. Das im Bild 9 (Außenansicht) erkennbare Gitter schützt die Lautsprechermembrane und hat auf den Klang keinen Einfluß.

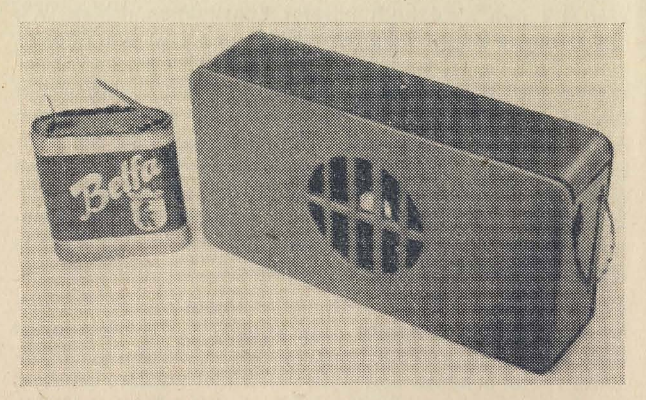


Bild 9. Außenansicht des Taschenempfängers (als Größenvergleich eine Flachbatterie)

In die vier Ecken der Frontplatte werden nach außen abgerundete Stützen eingeklebt und dazwischen die Seitenwände. Danach wird die Rückwand befestigt. Die in Bild 10 dargestellte seitliche Befestigung erscheint zuerst kompliziert, hat aber betriebstechnische Vorteile. Der auf der Rückwand aufgeklebte Rahmen greift in die Seitenwände ein und stützt sie nach hinten gegen seitlichen Druck ab. Ein gut geklebtes Gehäuse genügt allen Stabilitätsanforderungen.

Nach Fertigstellen des Gehäuses ist ein stabiles Chassis zu bauen. Es hat den Zweck, alle Bauelemente festzuhalten und ihre gegenseitige Lage zu sichern. Für Reparaturen oder Abgleicharbeiten empfiehlt es sich, das Chassis nur an einem oder zwei Punkten mit dem Gehäuse zu verbinden. Das vorliegende Chassis wurde aus Polystyrol hergestellt.

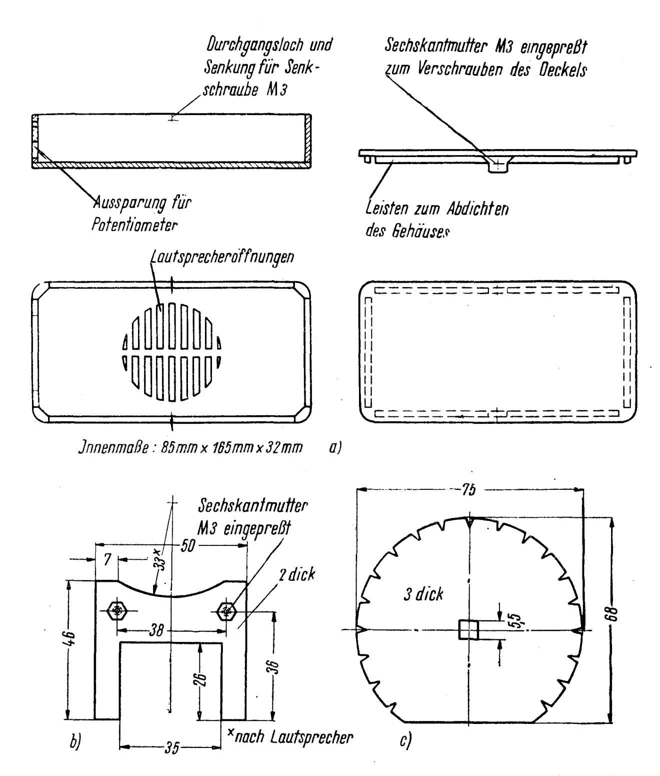



Bild 10. Konstruktion des Gehäuses und der wichtigsten mechanischen Bauteile. a) Konstruktionsvorschlag des Gehäuses; b) Konstruktionszeichnung des Klemmstücks für den Lautsprecher; c) Konstruktive Ausführung der Skalenscheibe

Aber auch Plexiglas oder Vinidur können verwendet werden. Wie Bild 11 zeigt, sitzt der Lautsprecher in einer runden Öffnung des Chassis und wird durch das einschraubbare Batteriefach (s. S. 37) an die Frontplatte gedrückt. Auf der anderen Seite wird das Chassis mit zwei Schrauben mit der Frontplatte verbunden. Neben der größeren Öffnung für den

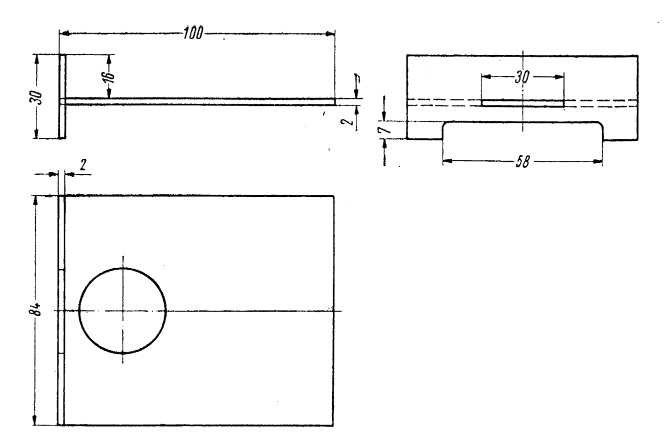



Bild 11. Konstruktive Ausführung der Chassisplatte (Lochdurchmesser und Form der Aussparung sind nach dem verwendeten Lautsprecher festzulegen)

Lautsprecher muß ein Ausschnitt für den Kern des Ausgangsübertragers vorgesehen werden. Auch der Drehkondensator und das Rückkopplungspotentiometer sind mit dem Chassis fest verbunden. Durch zwei Haltestücke ist der Ferritstab ebenfalls fest am Chassis angebracht. Die Transistoren können entweder in Transistorfassungen gesteckt werden, wodurch sie auswechselbar sind, oder man lötet sie fest in die Schaltung ein. Die Elektrolytkondensatoren sind stehend angeordnet, damit sie auf dem Chassis nicht zuviel Platz einnehmen. Alle verwendeten Widerstände sind 1/10-Watt-Typen. Die Werte dieser Widerstände sind nach dem internationalen Farbcode angegeben (siehe Anhang). Die HF-Drossel Dr ist für den richtigen Schwingungseinsatz des Audions sehr wichtig. Sie wurde auf einen Miniaturspulenkörper des VEB Werk für Bauelemente Gornsdorf mit drei Kammern und 9 mm Durchmesser gewickelt. Die Windungszahl beträgt 1400, die Drahtstärke 0,08 mm CuL (CuL = Kupferlackdraht). Die Windungen werden gleichmäßig in die drei Kammern verteilt. Das Potentiometer $P_1$ ist ein Kleinstpoten-

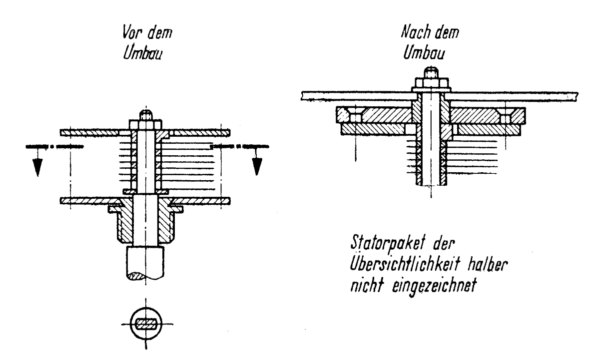



Bild 12. Umbau des zur Abstimmung verwendeten Trolitul-Quetschdrehkondensators (Verbesserung der Lagerung)

tiometer mit Rändelknopf des VEB Elrado Dorfhain. Es wird mit einer Schraube an dem Chassis befestigt. Der Quetschdrehkondensator wird nach den Angaben im Bild 12 umgebaut. Bei dem verwendeten Quetscher üblicher Bauart besitzen die Rotorplatten ein Langloch, sie sind abwechselnd mit Trolitulscheiben auf die Achse geschichtet, die der Langlochform entsprechend beiderseitig abgeflacht ist. Das ganze Rotorpaket wird durch eine Schraubenmutter zusammengepreßt.

Der vorliegende Drehkondensator war mechanisch sehr unstabil, da die Achse nur an einem Ende gelagert ist. Er hatte sowohl in Richtung der Achse, als auch quer zu ihr viel Spiel. Beim Abstimmen wird die Achse dem auf sie ausgeübten Druck im allgemeinen nachgeben. Beim Loslassen federt sie dann in ihre Normallage zurück. Dadurch verändert sich die eingestellte Kapazität, und der Sender verschwindet. Zur Behebung dieses mechanischen Fehlers wird folgendermaßen verfahren:

a) Die Hohlnieten, mit denen das Paket des Drehkondensators zusammengespannt ist, werden gelöst (ausgebohrt) und die Teile auseinandergenommen.

b) Es wird eine neue Achse angefertigt. Hierbei wird das beiderseitig abgeflachte Teil der Achse, auf dem die Rotorplatten sitzen, um so viel länger gemacht, daß ein zylinderförmiges Führungsstück aufgesetzt werden kann, das innen genau wie die Rotorplatten ein Langloch besitzt. Am oberen Ende befindet sich ein angefeilter Vierkant, auf dem eine Trolitul- oder Vinidur-Skalenscheibe aufgesetzt wird, die zur Betätigung der Abstimmung dient. Das Führungsstück wird durch die Mutter auf dem Achsenende gegen das Statorpaket gepreßt.

c) Eine Trolitulplatte wird mit vier Senkkopfschrauben, die an die Stelle der früheren Hohlnieten treten und das Statorpaket zusammenhalten, auf die frühere Kondensatordeckplatte aufgesetzt. Die Platte hat in der Mitte eine Bohrung, in der das zylindrische Führungsstück der Rotorachse möglichst spielfrei gleitet. Die Materialstärke der neu aufgesetzten Platte soll größer als 3 mm sein.

Der Ferritstab hat 8 mm Durchmesser und eine Länge von 130 mm. Er besteht aus Manifer 5 und wird vom VEB Keramische Werke Hermsdorf hergestellt. Die Wicklung wird mit HF-Litze 20×0,07 aufgebracht, und zwar auf eine dünne Isolation aus Triazetatfolie oder Polystyrolfolie. Falls keine Isolierfolie mit geringen HF-Verlusten greifbar ist, kann die Wicklung auch direkt auf den Stab aufgebracht werden. Zunächst wird der Anfang der Litze mit Zwirn auf dem Stab festgebunden. Danach erfolgt die Wicklung in einem Sinn von Anfang bis Ende. Die beiden Anzapfungen werden ebenfalls durch Abbinden auf dem Stab festgelegt. Die genauen Windungszahlen des Stabes siehe Stückliste (Anhang). Die sorgfältige Ausführung der Wicklung gewährleistet hohe Empfindlichkeit. Besonders ist auf das gute Abisolieren der HF-Litze zu achten. Es muß jedes einzelne Drähtchen blank und verzinnt sein, sonst nimmt die Spulengüte ab. Das Abisolieren sollte wie folgt vorgenommen werden: Man gießt einen Fingerhut voll Brennspiritus und zündet ihn an. Das von seiner Umspinnung befreite Litzenende wird in die Flamme gehalten, indem man es mit einer Pinzette faßt. Das Ende verbleibt so lange in der Flamme, bis es anfängt zu glühen. In diesem Moment taucht man es

in den Spiritus unterhalb der Flamme ein und löscht diese, indem man den Fingerhut mit einem passenden Stück Blech abdeckt. Danach zieht man die Litze aus dem Spiritus heraus und prüft, ob der Lack entfernt ist. Reste werden mit einem weichen Lappen entfernt. Danach wird das Litzenende mit Kolophonium und Zinn verlötet. Bei Abisolierarbeiten muß man Fingerspitzengefühl haben und zuerst einmal den Arbeitsgang an einem alten Litzenende üben. Dabei darf man nach den ersten 10 Versuchen, die meist mißlingen, nicht gleich den Mut verlieren. Auch hier macht Übung den Meister.

Wenn der Stab fertig gewickelt ist, werden die abgebundenen Enden zusätzlich durch einen Tropfen Duosan-Rapid festgelegt.

Der Ausgangstransformator kann selbst gewickelt werden. Die Wickeldaten (Drahtstärke und Windungszahl der Primär- und Sekundärwicklung) sind in der Stückliste enthalten. Man zerlegt zunächst den Kern, indem man das erste Blech vorsichtig mit Hammer und Zange lockert und herauszieht. Bei nicht verlacktem Kern können dann die übrigen Bleche des Paketes leicht herausgezogen werden. Ist der Kern verlackt, so wird er erst eine Weile in Azeton gelegt und dann wie oben verfahren. Der Spulenkörper ist entweder Hartpapier, Preßspan oder Kunststoff. Zunächst wickeln wir die alte Wicklung ab und isolieren den Wickelkörper durch einige Lagen Ölpapier. Anschließend wird die Primärwicklung aufgebracht. Bei den hier vorliegenden geringen Spannungen ist keine Lagenisolation notwendig, so daß die Wicklung in einem Zuge durchgewickelt werden kann. Damit beim Anlöten des Transformators an die übrigen Bauelemente genügend Festigkeit herrscht, wird an beiden Enden der Wicklung ein stärkerer Draht angelötet und auf dem Wickelkörper durch Festbinden gegen Zug entlastet. Um die Lötstelle wird ein kleines Stück Ölpapier zur Isolation geknifft. Nach Fertigstellen der Primärwicklung werden einige Lagen Ölpapier aufgebracht, die etwas breiter als die Spulenkörperbreite zuzuschneiden sind und an beiden Seiten gefiedert werden. Danach wird die erforderliche Sekundärwindungszahl aufgebracht. Nach außen hin wird die Wick-

lung wieder durch Ölpapier isoliert. Das Aufbringen der Wicklungen erfolgt mit einer Handbohrmaschine, die dazu mit einer Zwinge am Tisch befestigt wird. Man schlägt genau in die Mitte eines Holzwürfels, der sauber in die Öffnung des Spulenkörpers paßt, einen Nagel, spannt das herausragende Nagelende in das Bohrfutter und schiebt den Spulenkörper auf den Holzklotz. Mit der linken Hand wird die Bohrmaschine betätigt und mit der rechten Hand der Draht geführt. Man muß sich nur das Untersetzungverhältnis der Bohrmaschine merken, und kann so die aufgebrachten Windungen zählen. Wenn sich z. B. das Bohrfutter bei einer Kurbelumdrehung fünfmal dreht und 1000 Windungen aufzubringen sind, muß die Kurbel 200mal gedreht werden.

Zum Schutz gegen Verrosten kann der Transformator nach Fertigstellung mit farblosem Lack gestrichen werden. Die Bilder 13 und 14 geben konstruktive Einzelheiten für die Chassisteile an, und zwar für das eigentliche Chassis und das Batteriefach.

Die hier gegebenen konstruktiven Hinweise sollen dem Anfänger den Aufbau des Gerätes erleichtern. Dem fortge-

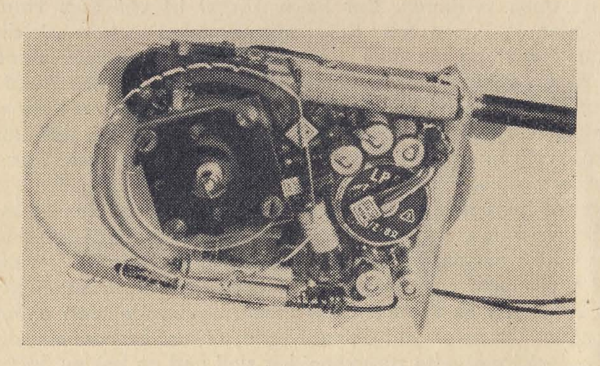


Bild 13. Anordnung der Bauelemente auf der Chassisplatte. Man erkennt den neu gelagerten Drehkondensator, den Ferritstab und den Lautsprecher

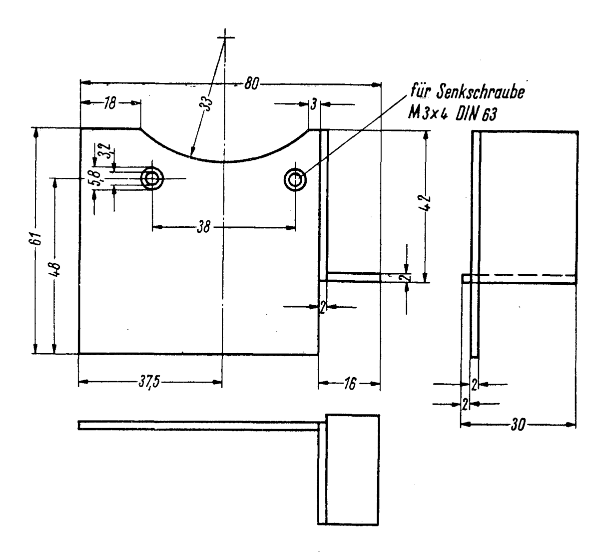



Bild 14. Konstruktion des Batteriefachs

schrittenen Amateur wird sicher eine seinen Wünschen entsprechende Konstruktion lieber sein. Er kann hier seine konstruktiven Fähigkeiten frei entfalten und z. B. ein ausgesprochenes Miniaturgerät bauen. Aus den Bildern bezüglich des konstruktiven Aufbaues ist zu erkennen, daß nicht auf extreme Kleinheit Wert gelegt wurde. Die erste Forderung war die des leichten Nachbaues mit handelsüblichen Bauelementen.

Die Verdrahtung soll mit dünnem Schaltdraht oder mit Blankdraht 0,7 Cu erfolgen, der dann mit Rüschschlauch isoliert wird. Bei der Verdrahtung muß darauf geachtet werden, daß jedes Bauelement an zwei Stellen gehalten werden muß, und daß lange, freihängende Verbindungsdrähte zu vermeiden sind.

Beim Löten ist auf gutes Fließen des Zinns zu achten. Es soll nur mit einem heißen Lötkolben kurzzeitig gelötet und Kolophonium als Flußmittel verwendet werden. Wenn die

Transistoren ohne Fassung eingebaut werden, so löte man sie mit mindestens 20 mm langen Anschlußdrähten ein und benutze eine Flachzange zur Wärmeableitung, mit der man den Anschlußdraht direkt am Transistor festhält. Beim Löten an Transistoren ist darauf zu achten, daß der Lötkolben geerdet ist. Ganz vorsichtige Bastler ziehen den Lötkolben für die Dauer des Lötens am Transistor aus dem Netz, da dann keine Komplikationen auftreten.
Bei allen konstruktiven Veränderungen in bezug auf das Mustergerät muß auf ausreichende Stabilität von Chassis und Gehäuse geachtet werden. Als wünschenswerte Ergänzungen können wir noch zwei Trageösen am Gehäuse anbringen, damit das Gerät an einem Lederriemen getragen werden kann. Parallel zum Ausgangsübertrager kann noch eine Buchse für einen Kopfhörer angeschlossen werden. Da es keine geeigneten Miniatursteckverbindungen gibt, benutzen wir die Steckerverbindung des Synchronkabels von Kameras, die an geeigneter Stelle eingebaut werden. Es sind sowohl die zweipoligen als auch die koaxialen Stecker geeignet. Zum Abhören schwacher Sender ist ein Kopfhörer dem Lautsprecher vorzuziehen. Am besten geeignet sind hierzu die Kleinsthörer des VEB Funkwerk Kölleda, die für das Schwerhörigengerät entwickelt wurden.

## 4. ABGLEICH DES GERÄTES

Das elektrische Abgleichen des Gerätes kann nach zwei Methoden vorgenommen werden.

a) Man beginnt den Empfänger als Brettschaltung (provisorischer Aufbau auf einem Versuchschassis) der Endstufe her zu schalten. Dabei zeichnet man das Gesamtschaltbild nochmals auf einen Bogen weißes Papier und streicht mit dem Rotstift alle Leitungen ab, die man im Zuge des Aufbaues verdrahtet hat. Wenn alle Bauelemente bis zum Kondensator $C_9$ eingebaut sind, legt man in Serie mit der Batterie ein Milliamperemeter und mißt zunächst ohne Transistor den fließenden Strom. Er darf etwa 0,5 mA betragen. An Stelle von $R_{12}$ lötet man ein Potentiometer von 50 kOhm ein, das

zunächst mit seinem vollen Wert eingeschaltet bleibt. Dann steckt man den Transistor in die Fassung und liest wieder den fließenden Strom ab. Er kann jetzt je nach Transistor 1 bis 2 mA betragen. Nunmehr regelt man das Potentiometer soweit, bis ein Strom von 5 bis 6 mA fließt. Dann mißt man den Widerstand des Potentiometers (z. B. indem man Strom und Spannung an ihm mißt und $R = U/I$ errechnet), und lötet einen Festwiderstand gleicher Größe ein. Nun wird die zweite Stufe verdrahtet und in gleicher Weise wie bei der Endstufe verfahren. Man setzt dann nur Tr. 3 ein und hält $R_9$ veränderlich (Potentiometer 500 kOhm). Das Strom-Meßinstrument schaltet man hinter $R_{10}$ und regelt das Potentiometer so ein, daß etwa 0,2 bis 0,5 mA fließen. In gleicher Weise verfährt man mit Tr. 2. Es ist hierzu folgendes zu sagen: Die in der Schaltung angegebenen Werte sind mittlere Werte. Sie garantieren in jedem Falle ein Spielen des Gerätes. Wenn der nachbauende Amateur aber die Höchstleistung des kleinen Gerätes herausholen will, dann muß er die oben beschriebene Einstellung jeder Stufe vornehmen.

Als letzte Stufe wird das Audion verdrahtet. An Stelle von $R_2$ wird ein Potentiometer von 1 MOhm eingebaut. $P_1$ wird auf seinen größten Wert gestellt, und für $C_4$ wird ein mittlerer Wert von 60 pF eingebaut. Wenn man nun alle vier Transistoren einsetzt und die Batterie richtig gepolt anschließt, so muß im Lautsprecher ein leises Rauschen zu hören sein. Jetzt regelt man $P_1$ und hört auf ein Knacken, das den Rückkopplungseinsatz kennzeichnet. Man läßt das Potentiometer $P_1$ kurz hinter der Knackstellung stehen und versucht mit $C_2$ einen Sender einzupfeifen. Falls dies nicht gelingt, muß die Schaltung des Ferritstabes überprüft werden. Wenn ein Sender gefunden ist, drehe man die Rückkopplung zurück, bis er klar hörbar wird, und dann versuche man mit $R_2$ und $P_1$ auf optimale Empfindlichkeit einzustellen. Wenn der günstigste Wert von $R_2$ gefunden ist, wird er als Festwiderstand eingelötet. Der Empfänger ist nunmehr abgeglichen.

b) Nach dieser Abgleichmethode wird der Empfänger in beliebiger Reihenfolge komplett aufgebaut und zunächst

der aufgenommene Strom ohne Transistoren gemessen. Er soll etwa 1 mA betragen. Danach setzt man den Endtransistor ein und notiert den Stromzuwachs. In gleicher Weise verfährt man mit den übrigen Transistoren. Dann überprüft man das Audion in gleicher Weise wie oben angegeben. Reicht die Empfindlichkeit nicht aus, dann müssen die Widerstände $R_2$, $R_7$, $R_9$ und $R_{12}$ abgeglichen werden.
Es ist ratsam, alle Bauelemente vor dem Einbau auf ihre Funktion zu prüfen. Die Widerstände prüft man auf Durchgang, indem man sie in Reihe mit einem Voltmeter an die Taschenlampenbatterie schaltet. Es muß ein kleiner, vom Wert des Widerstandes abhängiger Strom fließen. Die Elektrolytkondensatoren prüft man auf gleiche Weise: Man schaltet diese in richtiger Polung in Serie mit einem Voltmeter an die 4,5-V-Batterie. Sind sie in Ordnung, dann

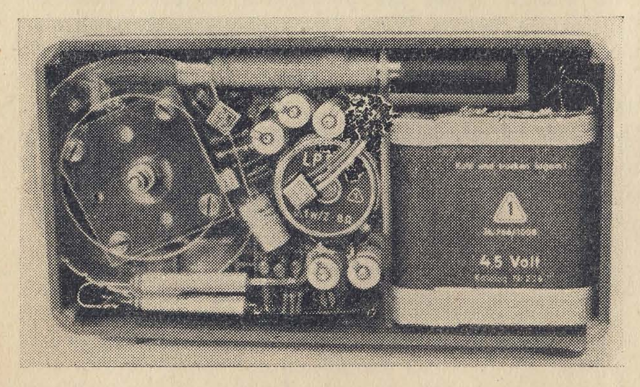



Bild 15. Taschenempfänger ohne Rückwand. Man erkennt die Lage der Batterie und der wichtigsten Bauteile des Gerätes

ergibt sich zu Anfang ein großer Ausschlag, der rasch auf Null zurückgeht. Ein sich zeigender Dauerausschlag ist in jedem Fall Zeichen schlechter Isolation im Kondensator. Solche Kondensatoren baue man nicht ein. Zum Durchgangprüfen genügt eine kleine Glühlampe in einer Fassung, die man an die Taschenlampenbatterie anschaltet. Zwischen

Glühlampe und Batterie hält man das zu prüfende Teil. Die Wicklung des Ferritstabes kann so auf Durchgang geprüft werden oder die Drossel Dr.
Es ist nicht zu empfehlen, Transistoren etwa in dieser Weise auf Durchgang prüfen zu wollen. Hier muß in jedem Falle ein Fachmann gefragt werden. Die im Rahmen der GST bastelnden Amateure bitten dann den Leiter einer Kollektivstation um Hilfe. Dieser ist Fachmann und kann mit vorhandenen Meßgeräten den Zustand des fraglichen Transistors überprüfen. Es bleibt zu hoffen, daß die Rundfunkinstandsetzungsbetriebe sich baldmöglichst eine Vorrichtung zum Transistorprüfen anschaffen. Sollte das Gerät beim Einschalten verzerren oder pfeifen, dann ist die Batterie zu überprüfen. Eine gealterte Taschenlampenbatterie besitzt einen hohen Innenwiderstand, der die oben erwähnten Wirkungen hervorruft. Sie muß dann durch eine neue ersetzt werden.

## 5. VARIANTEN DER SCHALTUNG

Der fortgeschrittene Amateur kann die angegebene Schaltung als Basis betrachten und sie durch Zusätze oder Erweiterungen ergänzen. Bereits bei der Beschreibung der Schaltung wurde gesagt, daß die Endstufe maximal 20 mW Sprechleistung abgeben kann. Man kann hier nun zwei Wege gehen:
Genügt eine geringere Sprechleistung, so kann die Lebensdauer der Batterie beträchtlich erhöht werden, indem die Endstufe mit möglichst geringem Kollektorstrom gefahren wird. Wie die Praxis gezeigt hat, kann man ohne weiteres auf 4 bis 5 mA (für den OC 811 die obere Grenze) herabgehen und erhält noch genügende Lautstärke. Für größere Lautstärken stellt man etwa 10 mA (bei OC 815) ein. Der Übergang vom Normalbetrieb auf „Sparschaltung" kann nun durch Aufteilung des Widerstandes $R_{12}$ in zwei Teilwiderstände erfolgen. Sind beide Teilwiderstände eingeschaltet, dann fließt ein geringer Kollektorstrom, und die Sparschaltung ist wirksam. Schließt man einen Teil des Widerstandes $R_{12}$ kurz, so fließt ein höherer Kollektorstrom, und das Gerät

arbeitet mit größerer Lautstärke. Zweckmäßig kann der Ausschalter des Gerätes mit dem Sparschalter gekoppelt und ein Schalter mit drei Stellungen vorgesehen werden: Aus – Spar – Normal. Die Änderung der Schaltung ist so einfach, daß sie nicht beschrieben werden muß. Die Aufteilung des Widerstandes $R_{12}$ erfolgt so, daß der Gesamtwiderstand etwa 15 kOhm beträgt, der Teilwiderstand bei Normalschaltung etwa 5 kOhm. Die exakten Werte hängen von der eingebauten Transistortype ab und sind auszuprobieren.

Genügt die geringe Sprechleistung nicht, so ist eine Gegentakt-Endstufe einzubauen. Diese wird in B-Schaltung betrieben, damit sich ein hoher Wirkungsgrad ergibt. Die Gegentakt-B-Schaltung ist aus der Röhrentechnik bekannt. Es werden zwei verstärkende Systeme verwandt, deren Arbeitspunkt durch Wahl der Gittervorspannung fast im unteren Knick der $I_a = f(U_g)$-Kennlinie liegt. Jeweils in einer Halbwelle der zu verstärkenden Spannung führen sie Strom. Beide einzeln verstärkten Halbwellen werden wieder zu einer kompletten Spannungskurve vereinigt. Der Ruhestrom der Anordnung ist klein und steigt mit der Aussteuerung an. Die Schaltung einer Gegentakt-B-Transistor-Endstufe zeigt Bild 16. Die beiden Transistoren sind in Emitterschaltung angeordnet, und die Basis jedes Transistors wird über den Gegentakt-Eingangsübertrager angesteuert. Der Basisspannungsteiler wird so ausgelegt, daß im nichtangesteuerten Zustand 1 bis 2 mA Kollektorstrom fließen. Man arbeitet im Kennlinienfeld des Transistors etwa bei $I_b = 0$. Die Aus-

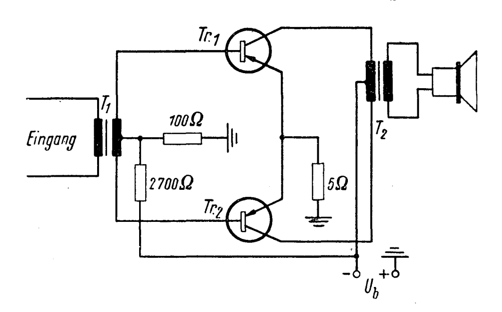



Bild 16. Schaltung einer Gegentakt-B-Transistor-Endstufe

steuerung jedes Transistors erfolgt bis zur Kniespannung, dabei fließen Basisströme von 1 bis 2 mA. Der Widerstand des Basiskreises ist also klein und nimmt mit wachsender Aussteuerung ab. Der Eingangsübertrager muß also abwärts transformieren. Ein in der Praxis oft gewählter Wert ist 3 : (1 + 1). Der Ausgangsübertrager paßt den Lautsprecherwiderstand an die beiden Transistoren an. Der erforderliche Widerstandswert eines Zweiges errechnet sich nach der Formel:

$$R_a = \frac{U_k^2}{2{,}2\,N_a}.$$

Hierbei ist $R_a$ der Außenwiderstand in Ohm, $U_k$ die Kollektorspannung in V und $N_a$ die gewünschte Ausgangsleistung.

Die Wahl des Außenwiderstandes hat so zu erfolgen, daß die Transistoren nicht thermisch überlastet werden. Man muß immer unterhalb der Verlustleistungshyperbel bleiben. Mit zwei Transistoren OC 815 kann eine maximale Sprechleistung von 50 mW erreicht werden. Dazu gehört ein Außenwiderstand im Zweig von 150 Ohm. Da der Kollektorreststrom stark temperaturabhängig ist, sieht man in der Gegentaktstufe eine Temperaturkompensation durch einen zwischen Basis und Emitter liegenden Heißleiter vor. Sein Temperaturkoeffizient soll etwa 3 Prozent pro Grad Celsius betragen.

Für die Auswahl der Transistoren gelten folgende Regeln: Man wähle zum Einsatz in Gegentaktstufen Transistoren, die in ihrem Kollektorreststrom übereinstimmen. Falls diese Bedingung nicht eingehalten wird, ergeben sich größere Verzerrungen.

Man wähle Transistoren mit möglichst gleichem Stromverstärkungsfaktor $\beta$, der in seinem Absolutwert möglichst hoch liegen soll. Wählt man Transistoren mit $\beta = 50$, dann wird die Leistungsverstärkung der Endstufe 1000, bei $\beta = 20$ sinkt sie auf 100 ab.

Nachteilig ist bei dieser Gegentaktendstufe, daß sowohl Eingangs- als auch Ausgangstransformator Spezialtypen sind. An ihre Symmetrie und geringe Streuung werden hohe Anforderungen gestellt.

Für den praktischen Aufbau der Gegentaktendstufe seien hier noch einige Werte angegeben:
Der gemeinsame Emitterwiderstand dient zur Verringerung der Stromübernahmeverzerrungen. Er bewirkt eine gewisse Gegenkopplung und Linearisierung der Endstufe. Der Basisspannungsteiler ist so eingestellt, daß bei einer Speisespannung der Stufe von 4,5 V ein Kollektorreststrom von 3 mA fließt. Bei Vollaussteuerung beträgt der Gesamtstrom 30 mA. Der optimale Außenwiderstand in einem Zweig beträgt 150 Ohm.

Die Wickeldaten der Transformatoren sind:

Eingangsübertrager

Kern M 30 Permenorm (D1-Blech)
Blechstärke 0,1 mm
Paketstärke 8 mm
wechselseitig geschichtet
Primär: 3000 Wdg 0,07 CuL
Sekundär: zweimal 2500 Wdg 0,07 CuL

Ausgangsübertrager

Kern M 30 Permenorm (D1-Blech)
Blechstärke 0,1 mm
Paketstärke 10 mm
wechselseitig geschichtet
Primär: zweimal 350 Wdg 0,15 CuL
Sekundär: nach Lautsprecherwiderstand
Bei 5 Ohm z. B. 62 Wdg 0,5 CuL.

Als zusätzliche Bauelemente kämen also ein Transistor und ein Übertrager hinzu. Die NF-Vorstufe muß dann allerdings etwas anders abgestimmt werden, weil eine gewisse Steuerleistung erforderlich ist. Man stellt Tr. 3 dann auf einen Kollektorstrom von 1 bis 2 mA ein.
Die hier beschriebene Gegentakt-Endstufe entspricht etwa der des „Sternchen", die Lautstärkesteigerung ist bedeutend. Diese Schaltung wurde nicht zum Einbau in das Mustergerät vorgesehen, weil die Gegentakttransformatoren leider noch nicht im Handel zu erhalten sind. Die Gegentakt-Endstufe kann ohne größere Schwierigkeiten in den beschriebenen Einkreiser eingebaut werden.

## 6. SCHALTUNG EINES EINFACHEN SUPERHETS FÜR DEN FORTGESCHRITTENEN

Beim Empfang ferngelegener Sender oder Sender mit geringerer Strahlungsleistung ist bald die Grenze des Einkreisers erreicht. Mit einer Außenantenne kann der Empfang noch etwas verbessert werden, aber es zeigt sich, daß die Empfindlichkeit des rückgekoppelten Audions nicht genügt. In diesem Fall ist ein Überlagerungsempfänger von Vorteil. Beim industriell gefertigten Gerät ist der schalttechnische Aufwand recht hoch (z. B. „Sternchen" mit 6 Transistoren und 2 Dioden). Der Amateur wird eine einfachere Lösung suchen. Bild 16 zeigt eine Schaltung mit 4 Transistoren, die von sowjetischen Amateuren entwickelt und erprobt wurde. Sie besitzt im gesamten Mittelwellenbereich gleichmäßige Empfindlichkeit und benutzt eine Zwischenfrequenz von 130 kHz. Auf dieser relativ niedrigen Frequenz läßt sich mit dem OC 813 eine beachtliche Verstärkung erzielen. Die geringere Vorselektion stört nur dann, wenn viele starke Sender in der Nähe liegen. Durch die Richtwirkung der Ferritantenne kann noch einiges verbessert werden. Das Gerät besitzt eine solche Empfindlichkeit, daß Lautsprecherempfang von Mittelwellensendern bis zu einer Entfernung von 150 km möglich ist.
Die Basisvorspannung wird über einen gemeinsamen Spannungsteiler eingespeist und eine hohe Stabilität erzielt. Tr. 4 bildet die A-Endstufe. Der erforderliche Außenwiderstand liegt bei 100 Ohm. Tr. 3 bildet den Gleichrichter und NF-Verstärker. Die Schaltung besitzt eine Analogie zum Anodengleichrichter mit Röhre. Der Arbeitspunkt der Stufe wird durch Wahl des Emitterwiderstandes eingestellt. Die Lautstärkeregelung erfolgt durch einen Abgriff am Kollektorwiderstand. Zur Anpassung an den Basiskreis der Endstufe wird der Spartransformator Ü 1 benutzt. Der Transistor Tr. 2 arbeitet als ZF-Verstärker auf der Frequenz 130 kHz. Die ZF-Selektion wird durch zwei Einzelkreise bewirkt. Bei der niedrigen ZF ist das ausreichend. Eine Neutralisation der ZF-Stufe ist nicht erforderlich. Tr. 1 arbeitet als selbstschwingende Mischstufe. Dabei kann die Stufe als Oszillator in Basisschaltung – als Mischer in Ermitter-

schaltung – betrachtet werden. Die Empfangsspannung der Ferritantenne wird über eine Anzapfung der Basis des Mischtransistors zugeführt. Der Spartransformator der NF-Anpassung besitzt bei einem Kern M 30 von 6 mm Dicke 2000 Wdg 0,1 CuL mit einer Anzapfung bei 400 Wdg.
Der Ausgangsübertrager Ü 2 besitzt gleichfalls einen Kern M 30 mit 8 mm Paketdicke und hat primärseitig 600 Wdg 0,2 CuL. Die Ferritantenne hat 8 mm Durchmesser und 115 mm Länge. Ihre Permeabilität beträgt 100. Die Wicklung wird mit HF-Litze fünfmal 0,07 durchgeführt. Es werden 60 Windungen aufgebracht. Die Anzapfung liegt bei der neunten Windung.
Für die Oszillatorspule kann nur das Übersetzungsverhältnis angegeben werden, da sich die Induktivität nach dem vorhandenen Drehkondensator richtet und von dem bauenden Amateur experimentell bestimmt werden muß. Die Übersetzung beträgt 3,5 : 1. Die Anzapfung der Emitterkreisspule liegt bei 1/5 bis 1/6. In den ZF-Spulen hat die Ankopplungswicklung 1/5 der Kreisspulen-Windungszahl.
Aus dieser Schaltung ist zu erkennen, daß der Aufwand nicht wesentlich größer als beim Einkreiser ist. Trotzdem ist der Aufbau dieser Schaltung nur dem versierten Amateur anzuraten, denn es sind immerhin vier Kreise abzugleichen und miteinander in Gleichlauf zu bringen. Hierzu ist ein Prüfsender und etwas Erfahrung nötig.
Abschließend sei noch gesagt, daß Platz gespart werden kann, wenn bei dem Transistorempfänger auf eine kontinuierliche Abstimmung im Mittelwellenbereich verzichtet wird und nur zwei bis drei Festsender durch Schalter oder Drucktaste gewählt werden. Wir können dann beim Einkreiser und beim Super den Drehkondensator weglassen und feste keramische Kondensatoren einbauen, die durch einen Umschalter in ihrem Wert stufenweise verändert werden. Bei diesem Aufbau kann ein wirklicher Miniaturempfänger entstehen.
Der routinierte Amateur kann auch das Prinzip der gedruckten Schaltungen in seiner Konstruktion anwenden. Hierzu wird eine Pertinaxplatte oberflächlich aufgerauht (Sandpapier oder sandgestrahlt) und mit den erforderlichen Bohrungen versehen. Die Verbindungsleitungen werden mit

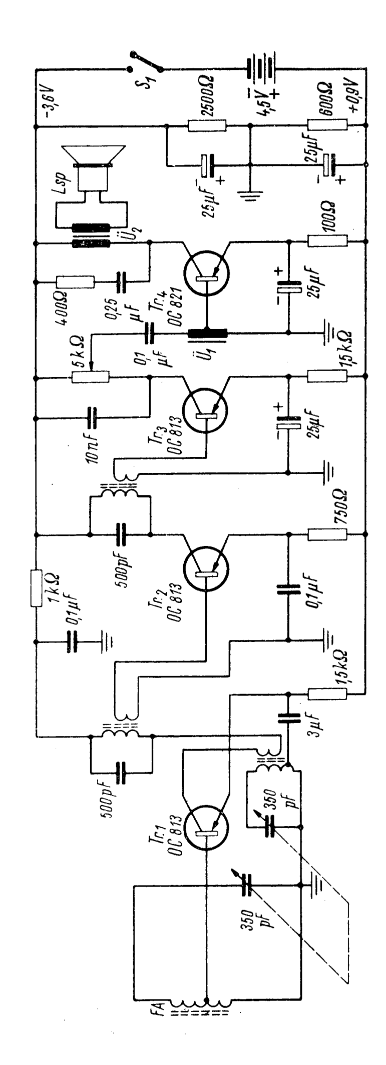



Bild 17. Einfacher Kleinsuper mit 4 Transistoren

einer Kunstschriftfeder mit Leitsilber (Colcolor 100 des VEB Schuhchemie Mölkau) aufgebracht und die Löcher ebenfalls mit Leitsilber bestrichen. Danach wird durch alle Löcher Kupferdraht gezogen und die Platte in ein Elektrolysebad zur Verkupferung eingehängt. Ist der Belag dick genug verkupfert, wird die Platte aus dem Bad genommen und die Löcher beiderseits mit in Spiritus gelöstem Kolophonium bestrichen. Anschließend sind die Bauelemente einzulöten, wobei man in die Bohrungen der Platte Hohlnieten einsetzen kann, damit die Bauelemente gegen Abreißen gesichert sind. Diese Art der Herstellung gedruckter Schaltungen ist einfach und kann vom Amateur durchgeführt werden. Auch das beschriebene Gerät eignet sich gut für eine derartige Technologie.

Im Audion wurden folgende Transistortypen erprobt, die alle einwandfrei arbeiteten:

DDR-Fertigung: OC 813, OC 871, OC 872
Sowjetunion: P 6 G, P 14, P 15, P 401, P 402
Westdeutschland: OC 45, OC 44, OC 390, OC 410, OC 612

Die Weiterentwicklung der Halbleiterbauelemente in den kommenden Jahren wird uns Transistoren zur Verfügung stellen, die es gestatten, auch ein Kurzwellenaudion aufzubauen. Dann werden die Fuchsjagdempfänger wirkliche Miniaturgeräte. Für ein Kurzwellenaudion müssen Transistoren eingesetzt werden, deren Grenzfrequenz bei etwa 100 MHz in Basisschaltung liegt. Derartige UHF-Transistoren gibt es leider in der DDR noch nicht, allerdings sind sowjetische Typen bekannt, die die geforderten Daten besitzen (P 403 – Diffusions-HF-Transistor).

Die Beschäftigung mit dem interessanten Gebiet der Halbleiter gewährt neben dem eigentlichen Basteln noch einen Einblick in die Entwicklung der modernen Nachrichtentechnik. Wer sich durch Aufbau dieses kleinen Empfängers in das Gebiet hineingearbeitet hat, wird weiter eindringen wollen. Hierzu steht eine umfangreiche Literatur zur Verfügung.

In der Industrie, im Verkehrswesen, in der Forschung und schließlich auch im Bereiche der Nationalen Volksarmee sind die Halbleiter heute nicht mehr wegzudenken. Die For-

schungslaboratorien arbeiten an Transistoren mit höheren Leistungen und höheren Frequenzen. So sind heute z. B. bereits Typen bekannt, die bei 10 MHz 5 W abgeben. Jeder Kurzwellenamateur wird sich denken können, daß das eine Revolution auf dem Gebiet der Portable-Stationen bedeutet. In einigen Jahren werden auch uns derartige Transistoren zur Verfügung stehen. Bereits heute sollte sich aber der ernsthafte Amateur mit diesem Gebiet der Nachrichtentechnik beschäftigen.

## 7. STUCKLISTE

| Teil Nr. | Bezeichnung | Wert | Elektrische Daten | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| R 1 | Schichtwiderstand | 20 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 2 | Schichtwiderstand | 700 kΩ | 1/10 Watt | WEN C.v. Ossietzky, Teltow Wird bei Abgl. eingestellt |
| R 3 | Schichtwiderstand | 10 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 4 | Schichtwiderstand | 400 Ω | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 5 | Schichtwiderstand | 10 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 6 | Schichtwiderstand | 30 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 7 | Schichtwiderstand | 250 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow Abgl. einstellen |
| R 8 | Schichtwiderstand | 5 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 9 | Schichtwiderstand | 250 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow Abgl. einstellen |
| R 10 | Schichtwiderstand | 5 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 11 | Schichtwiderstand | 5 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |
| R 12 | Schichtwiderstand | 5 kΩ | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow bei Sparschaltg. 15 kΩ einbauen |
| R 13 | Schichtwiderstand | 50 Ω | 1/10 Watt | WBN C.v. Ossietzky, Teltow |

| Teil Nr. | Bezeichnung | Wert | Elektrische Daten | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| C 1 | Keramikkondensator | etwa 20 pF | Calit Min. | Keramische-Werke Hermsdorf |
| C 2 | Quetschdrehkondensator | 350 pF | — | handelsüblich |
| C 3 | Duroplastkondensator | 5 nF | 160 V = | Kondensatorwerk Freiberg |
| C 4 | Keramikkondensator | etwa 60 pF | Calit Min. | Keramische Werke Hermsdorf |
| C 5 | Duroplastkondensator | 2,5 nF | 160 V = | Kondensatorwerk Freiberg |
| C 6 | Elektrolytkondensator | 10/uF | 12/15 V | Tonmechanik Weißensee |
| C 7 | Elektrolytkondensator | 10/uF | 6/8 V | Tonmechanik Weißensee |
| C 8 | Elektrolytkondensator | 10/uF | 6/8 V | Tonmechanik Weißensee |
| C 9 | Elektrolytkondensator | 10/uF | 6/8 V | Tonmechanik Weißensee |
| C 10 | Elektrolytkondensator | 2 mal 50/uF | 4/6 V | Kondensatorwerk Gera parallel gesch. |
| C 11 | Elektrolytkondensator | 10/uF | 6/8 V | Tonmechanik Weißensee |
| Dr. | HF-Drossel | 15 mH | 1400 Wdg. 0,08 | Spulenkörper Gornsdorf |
| P 1 | Kleinstpot. | 5 ... 50 kΩ | 0,1 Watt | Elrado Dorfhain |
| P 2 | Kleinstpot. | 100 kΩ | 0,1 Watt | Elrado Dorfhain |
| L 1 | Wicklung des Ferritstabes | Manif. 5 | 50 + 25 Wdg. | 20 mal 0,07 Litze |
| L 2 | Wicklung des Ferritstabes | Manif. 5 | 12 ... 15 Wdg. | 5 mal 0,07 am kalten Ende von L 1 |
| Tr. 1 | Transist. | OC 813 | 25 mW | Halbl. W. Frankfurt |
| Tr. 2 | Transist. | OC 811 | 25 mW | Halbl. W. Frankfurt |
| Tr. 3 | Transist. | OC 811 | 25 mW | Halbl. W. Frankfurt |
| Tr. 4 | Transist. | OC 815 | 50 mW | Halbl. W. Frankfurt |
| Ü 1 | Übertrager | M 30 | 5,5 : 1 | Primär: 1200 Wdg. 0,08 CuL<br>Sekundär: 220 Wdg. 0,9 CuL |

# 8. ANHANG

## 8.1 Farbcode

| Farbe | erster Ring oder Punkt gleich erster Ziffer | zweiter Ring oder Punkt gleich zweiter Ziffer | dritter Ring oder Punkt: Zahl der Nullen | dritter Ring oder Punkt: Bereich des Wertes | vierter Ring oder Punkt gleich Toleranz | fünfter Ring bei Kondensatoren gleich Betriebs-Spannung in V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| schwarz | 0 | 0 | | 1 – 99 Ω o. pF | | |
| braun | 1 | 1 | 0 | 100 – 990 Ω o. pF | ± 1 % | 100 |
| rot | 2 | 2 | 00 | 1 – 9,9 kΩ o. nF | ± 2 % | 200 |
| orange | 3 | 3 | 000 | 10 – 99 kΩ o. nF | | 300 |
| gelb | 4 | 4 | 0 000 | 100 – 990 kΩ o. nF | | 400 |
| grün | 5 | 5 | 00 000 | 1 – 9,9 MΩ o. µF | | 500 |
| blau | 6 | 6 | 000 000 | 10 – 99 MΩ o. µF | | 600 |
| violett | 7 | 7 | | | | 700 |
| grau | 8 | 8 | | | | 800 |
| weiß | 9 | 9 | | | | 900 |
| gold | | | · 0,1 | 0,1 – 9,9 Ω o. pF | ± 5 % | 1 000 |
| silber | | | · 0,01 | 0,01 – 0,99 Ω o. pF | ± 10 % | 2 000 |
| Keine Kennzeichg. | | | | | ± 20 % | 500 |

schwarz blau grün rot

z.B.: 0 6 00 000 ± 2 % = 600 000 Ω ± 2 %

Bild 18. Farbcode

## 8.2 Transistordaten

### OC 810

p-n-p-Flächentransistor

Verwendungszweck: p-n-p-Flächentransistor für NF-Vorstufenverstärker und Endstufen kleiner Leistung

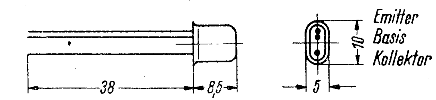



Bild 19. OC 810 p-n-p-Flächentransistor

(z. B. Hörgeräten) mit mittleren Werten der Stromverstärkung.

Kenndaten

a) Statisch ($\vartheta_a = 25°$ C)

Kollektor-Reststrom
bei $-U_{CB} = 5$ V; $J_E = 0$ : $-J_{co} \leqq 20\ \mu A$
bei $-U_{CE} = 5$ V; $J_B = 0$ : $-J'_{co} \leqq 350\ \mu A$

b) Dynamisch

($f = 1$ kHz, $\vartheta_a = 25°$ C) Mittelwerte und Streubereiche

Basisschaltung

Arbeitspunkt: $-U_{CB} = 5$ V, $J_E = 1$ mA

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h_{11} = 38$ Ω
(24 ... 70)

Leerlauf-Ausgangsleitwert

$h_{22} = 1{,}57$ µS
(0,5 ... 4)

Kurzschluß-Stromverstärkung

$-h_{21} = 0{,}928$
(0,9 ... 0,95)

Leerlauf-Spannungsrückwirkung

$h_{12} = 10{,}7$ $10^{-4}$
(3 ... 25)

Grenzfrequenz

$f_\alpha \leqq 200$ kHz

maximale Leistungsverstärkung

$G_{max} = 26$ dB

Rauschfaktor
(bei $J_E = 0{,}2$ mA; $-U_{CB} = 1$ V; f = 1 kHz; Rg = 500 Ω; $\Delta f = 600$ Hz) $F \leqq 25$ dB

E m i t t e r s c h a l t u n g

Arbeitspunkt: $-U_{CE} = 5$ V; $-J_C = 1$ mA

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h'_{11} = 800$ Ω (500 ... 1500)

Leerlauf-Ausgangsleitwert

$h'_{22} = 22$ µS (10 ... 80)

Kurzschluß-Stromverstärkung

$h'_{21} = 13$ (10 ... 20)

Leerlauf-Spannungsrückwirkung

$h'_{12} = 6{,}6$ $10^{-4}$ (3 ... 25)

Grenzfrequenz

$f'_\alpha \leqq 10$ kHz

maximale Leistungsverstärkung

$G'_{max} = 33$ dB (28 ... 35)

c) Grenzwerte

Emitterstrom:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $J_{Emax}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $J_{Esp}$ | = 15 mA |

Kollektorstrom:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $-J_{Cmax}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $-J_{Csp}$ | = 15 mA |

Kollektorspannung:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $-U_{CBmax}$ | = 15 V |
| Spitzenwert | $-U_{CBsp}$ | = 25 V |
| Effektivwert | $-U_{CEmax}$ | = 10 V |

| | | |
|---|---|---|
| Spitzenwert | $-U_{CEsp}$ | = 20 V |
| Verlustleistung | $N_{Vmax}$ | = 25 mW[1]) |
| Wärmewiderstand bei ruhender Luft | $\chi$ | $= 1{,}2 \frac{°C}{mW}$ |
| Sperrschichttemperatur | $\vartheta_{jmax}$ | = 65 °C |
| Umgebungstemperatur | $\vartheta_{amax}$ | = 45 °C |

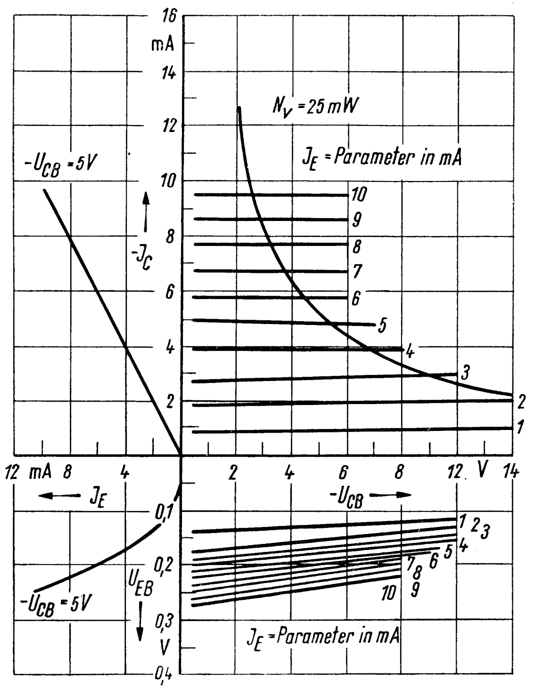



Bild 20. Kennlinienfeld in Basisschaltung

1) Bei höheren Temperaturen ist die maximale Verlustleistung zu reduzieren nach der Formel

$$\frac{\vartheta_{j\,max} - \vartheta_a}{\chi} = N_{j\,max}$$

Bild 21. Kennlinienfeld in Emitterschaltung

**OC 811**

p-n-p-Flächentransistor

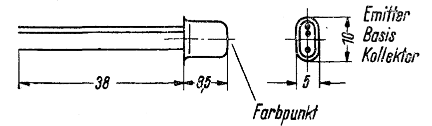



Bild 22. OC 811 p-n-p-Flächentransistor

Verwendungszweck: p-n-p-Flächentransistor für NF-Vorstufenverstärker und Endstufen kleiner Leistung

(z. B. Hörgeräten) mit höheren Werten der Stromverstärkung und höheren Grenzfrequenzen.

Kenndaten

a) Statisch ($\vartheta_a = 25°$ C)

Kollektor-Reststrom

bei $-U_{CB} = 5$ V; $J_E = 0$ : $J_{co} \leqq 20\ \mu A$

bei $-U_{CE} = 5$ V; $J_B = 0$ : $J'_{co} \leqq 350\ \mu A$

b) Dynamisch

($f = 1$ kHz, $\vartheta_a = 25°$ C) Mittelwerte und Streubereiche

Basisschaltung

Arbeitspunkt: $-U_{CB} = 5$ V, $J_E = 1$ mA

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h_{11} = 45$ Ω
(20 . . . 90)

Leerlauf-Ausgangsleitwert

$h_{22} = 1{,}3$ µS
(0,5 . . . 4)

Kurzschluß-Stromverstärkung

$-h_{21} = 0{,}96$
(0,95 . . . 0,99)

Leerlauf-Spannungsrückwirkung

$h_{12} = 11{,}2$ $10^{-4}$
(5 . . . 30)

Grenzfrequenz

$f \leqq 300$ kHz

maximale Leistungsverstärkung

$G_{max} = 27$ dB

Rauschfaktor

(bei $J_E = 0{,}2$ mA; $-U_{CB} = 1$ V; $f = 1$ kHz; $Rg = 500\ \Omega$; $\Delta f = 600$ Hz) $F \leqq 25$ dB

Emitterschaltung

Arbeitspunkt: $-U_{CE} = 5$ V; $-J_C = 1$ mA

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h'_{11} = 1300$ Ω (800 ... 3000)

Leerlauf-Ausgangsleitwert

$h'_{22} = 38$ μS (15 ... 100)

Kurzschluß-Stromverstärkung[2])

$h'_{21} = 28$ (20 ... 100)

Leerlauf-Spannungsrückwirkung

$h'_{12} = 9{,}8$ $10^{-4}$ (5 ... 30)

maximale Leistungsverstärkung

$G'_{max} = 36$ dB (30 ... 45)

c) Grenzwerte

Emitterstrom:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $J_{Emax}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $J_{Esp}$ | = 15 mA |

Kollektorstrom:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $-J_{Cmax}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $-J_{Csp}$ | = 15 mA |

Kollektorspannung:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $-U_{CBmax}$ | = 15 V |
| Spitzenwert | $-U_{CBsp}$ | = 25 V |

---

2) Die Transistoren werden nach der Kurzschluß-Stromverstärkung $h'_{21}$ gruppiert und mit Farbpunkt gekennzeichnet:

| | | |
|---|---|---|
| 20 ... 30 rot | 40 ... 50 gelb | 60 ... 75 blau |
| 30 ... 40 orange | 50 ... 60 grün | 75 ... 100 violett |

Bevorzugte Lieferung bestimmter Farbgruppen ist nicht möglich.

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $-U_{CEmax}$ | = 10 V |
| Spitzenwert | $-U_{CEsp}$ | = 20 V |
| Verlustleistung | $N_{Vmax}$ | = 25 mW[3]) |
| Wärmewiderstand bei ruhender Luft | $\chi$ | = 1,2 $\frac{°C}{mW}$ |
| Sperrschichttemperatur | $\vartheta_{jmax}$ | = 65 °C |
| Umgebungstemperatur | $\vartheta_{amax}$ | = 45 °C |

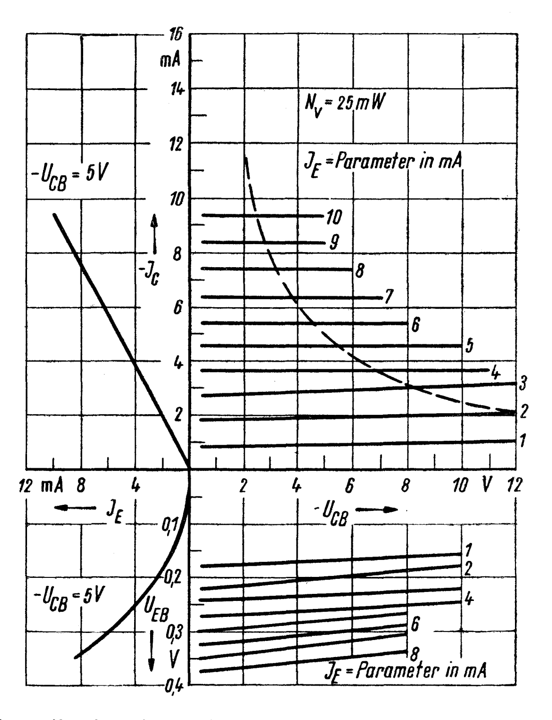



Bild 23. Kennlinienfeld in Basisschaltung

---

3) S. Fußnote 1), S. 55.

Bild 24. Kennlinienfeld in Emitterschaltung

## OC 812

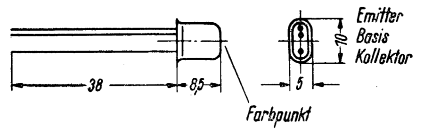



Bild 25. OC 812

Verwendungszweck: Rauscharmer Transistor für NF-Vorstufenverstärkung

K e n n d a t e n
für eine Umgebungstemperatur von $T_a = 25°$ C angegeben

a) Statisch

Kollektor-Reststrom

bei $-U_{CB} = 5$ V; $J_E = 0$ $-J_{CBO} \leqq 15$ µA

bei $-U_{CE} = 5$ V; $-J_B = 0$ $-J_{CEO} \leqq 800$ µA

b) Dynamisch

Meßfrequenz f = 1 kHz, Grenzfrequenz in Basisschaltung (bei $-U_{CB} = 5$ V, $-J_C = 2$ mA) $f\alpha \geqq 300$ kHz

Rauschfaktor

(bei $-U_{CB} = 1$ V, $-J_C = 0{,}2$ mA, f = 1 kHz,
$\Delta f = 600$ Hz, $R_G = 500\ \Omega$) $F \leqq 10$ dB

E m i t t e r s c h a l t u n g

Arbeitspunkt: $-U_{CE} = 5$ V, $-J_C = 2$ mA

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h_{11e} = 1{,}5$ kΩ

Spannungsrückwirkung (Eingang offen)

$h_{12} = 10 \cdot 10^{-4}$

Stromverstärkungsfaktor (Ausgang kurzgeschlossen)

$h_{21e} = 40$

Ausgangsleitwert (Eingang offen)

$h_{22e} = 60$ µS

Maximale Leistungsverstärkung

$G_{p,max} = 45$ dB

Mittelwerte der h-Parameter an dem Arbeitspunkt, für den der Rauschfaktor angegeben wird:

Emitterschaltung (OE) Arbeitspunkt

$-U_{EC} = 1$ V, $-J_C = 0{,}2$ mA

Basisschaltung (OB) Arbeitspunkt

$-U_{CB} = 1$ V, $-J_C = 0{,}2$ mA

| OE | OB |
|---|---|
| $h_{11e} = 5$ kΩ | $h_{11b} = 0{,}15$ kΩ |
| $h_{12e} = 20 \cdot 10^{-4}$ | $h_{12b} = 10 \cdot 10^{-4}$ |
| $h_{21e} = 32$ | $-h_{12b} = 0{,}97$ |
| $h_{22e} = 20$ µS | $h_{22b} = 0{,}6$ µS |

c) Grenzwerte

| | | |
|---|---|---|
| Emitterstrom: | | |
| Effektivwert | $J_{Eeff}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $J_{Emax}$ | = 15 mA |
| Kollektorstrom: | | |
| Effektivwert | $-J_{Ceff}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $-J_{Cmax}$ | = 15 mA |
| Kollektorspannung: | | |
| Effektivwert | $-U_{CBeff}$ | = 15 V |
| Spitzenwert | $-U_{CBmax}$ | = 25 V |
| Effektivwert | $-U_{ECeff}$ | = 10 V |
| Spitzenwert | $-U_{CEmax}$ | = 20 V |
| Verlustleistung | $P_{max}$ | = 25 mW |
| Wärmewiderstand | k | $= 1{,}2 \frac{°C}{mW}$ |
| Sperrschichttemperatur | $T_{jmax}$ | = 65 °C |
| Umgebungstemperatur | $T_{amax}$ | = 45 °C |

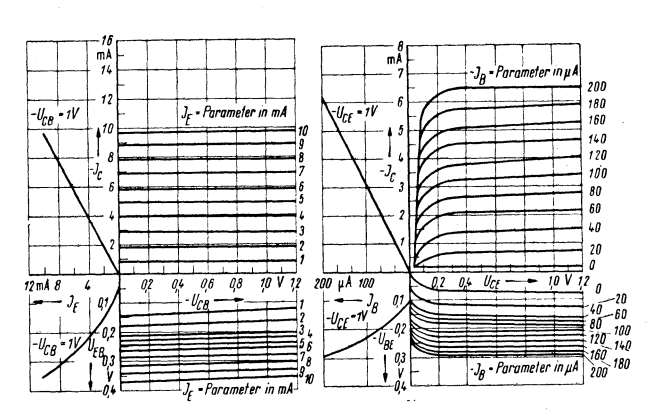



Bild 26. Kennlinienfeld in Basisschaltung

Bild 27. Kennlinienfeld in Emitterschaltung

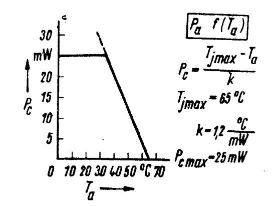



Bild 28. Erforderliche Reduzierung der Verlustleistung bei erhöhter Umgebungstemperatur

**OC 813**

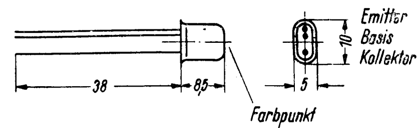



Bild 29. OC 813

Verwendungszweck: Transistor für NF-Vorstufenverstärker mit höheren Anforderungen an die Grenzfrequenz, für Oszillator- und Multivibratorschaltungen.

Kenndaten

für eine Umgebungstemperatur von $T_a = 25°$ C angegeben

a) Statisch

Kollektor-Reststrom

bei $-U_{CB} = 5$ V; $J_E = 0$ $\quad -J_{CBO} \leqq 15\ \mu A$

bei $-U_{CE} = 5$ V; $-J_B = 0$ $\quad -J_{CEO} \leqq 800\ \mu A$

b) Dynamisch

(Meßfrequenz 1 kHz)

Basisschaltung

Arbeitspunkt: $-U_{CB} = 5$ V, $-J_C = 2$ mA

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h_{11b} \quad = 80\ (\leqq 170)\ \Omega$

Spannungsrückwirkung (Eingang offen)

$h_{12b} \quad = 30\ (\leqq 50) \cdot 10^{-4}$

Kurzschluß-Stromverstärkung

$-h_{21b}$ = 0,973 (0,952 ... 0,99)

Ausgangsleitwert (Eingang offen)

$h_{22b}$ = 2,5 ($\leqq$ 8) µS

Grenzfrequenz

f $\geqq$ 1 MHz

maximale Leistungsverstärkung

$G_{pmax}$ = 27 dB

Rauschfaktor

(bei $-U_{CB}$ = 1 V; $-J_C$ = 0,2 mA;
f = 1 kHz; $\Delta$ f = 600 Hz; $R_g$ = 500)

F $\geqq$ 25 dB

Emitterschaltung

Arbeitspunkt: $-U_{CE}$ = 5 V; $-J_C$ = 2 mA

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h_{11e}$ = 2,5 (< 5) kΩ

Spannungsrückwirkung (Eingang offen)

$h_{12e}$ = 10 (< 30) · $10^{-4}$

Kurzschluß-Stromverstärkung

$h_{21e}$ = 40 (20 ... 100)

Ausgangsleitwert (Eingang offen)

$h_{22e}$ = 60 (< 150) µS

maximale Leistungsverstärkung

$G_{p,max,e}$ = 45 dB

c) Grenzwerte

Emitterstrom:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $J_{Eeff}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $J_{Emax}$ | = 15 mA |

Kollektorstrom:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $-J_{Ceff}$ | = 10 mA |
| Spitzenwert | $-J_{Cmax}$ | = 15 mA |

Kollektorspannung:

| | | |
|---|---|---|
| Effektivwert | $-U_{CBeff}$ | = 15 V |

| | | |
|---|---|---|
| Spitzenwert | $-U_{CBmax}$ | $= 25$ V |
| Effektivwert | $-U_{CEeff}$ | $= 10$ V |
| Spitzenwert | $-U_{CEmax}$ | $= 20$ V |
| Verlustleistung | $P_{max}$ | $= 25$ mW |
| Wärmewiderstand | k | $= 1{,}2 \frac{°C}{mW}$ |
| Sperrschichttemperatur | $T_{jmax}$ | $= 65$ °C |
| Umgebungstemperatur | $T_{amax}$ | $= 45$ °C |

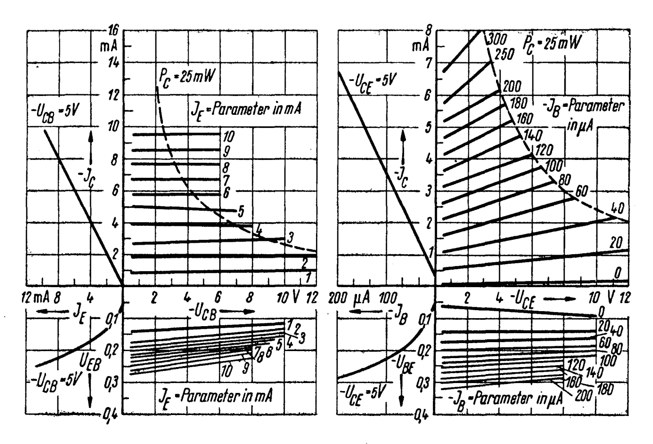



Bild 30. Kennlinienfeld in Basisschaltung

Bild 31. Kennlinienfeld in Emitterschaltung

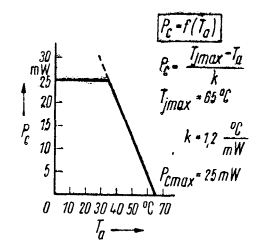



Bild 32. Erforderliche Reduzierung der Verlustleistung bei erhöhter Umgebungstemperatur

**OC 816**

p-n-p-Flächentransistor

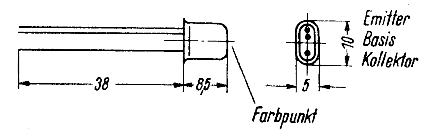



Bild 33. OC 816 p-n-p-Flächentransistor

Verwendungszweck: Der Transistor OC 816 ist geeignet für Endstufen kleiner Leistung, für Vorverstärkerstufen und Treiberstufen für Gegentaktverstärker, z. B. für 2 OC 821.

Kenndaten

Emitterschaltung gemessen bei

$\vartheta_a = 25\ °C$; $-U_{CE} = 6$ V; $-J_C = 2$ mA; f = 1 kHz

Kurzschluß-Eingangswiderstand

$h'_{11} = 0{,}4 \dots 2\ k\Omega$

Leerlauf-Spannungsrückwirkung

$h'_{12} = 4 \dots 25 \cdot 10^{-4}$

Kurzschluß-Stromverstärkung

$h'_{21} = 20 \dots 100$

Leerlauf-Ausgangsleitwert

$h'_{22} = 20 \dots 150\ \mu S$

Leistungsverstärkung

(bei $-U_{CE} = 6$ V; $-J_C = 1$ mA; $R_L = 50\ k\Omega$)

$G' = 32 \dots 45$ dB

Rauschfaktor

(bei $-U_{CE} = 1$ V; $-J_C = 1$ mA; $R_g = 500$; f = 1 kHz)

$F < 25$ dB

Grenzfrequenz

(gemessen in Basisschaltung bei

$-U_{CB} = 6$ V; $-J_C = 2$ mA)

$f_\alpha > 300$ kHz

Maximalwerte:

Kollektorreststrom

bei $-U_{CB} = 6$ V; $J_E = 0$

$-J_{CO} \leqq 20\ \mu A$

bei $-U_{CE} = 6$ V; $J_B = 0$

$-J'_{CO} \leqq 400\ \mu A$

Kollektorrestspannung

bei $-J_C = 10$ mA

$-U_R \leqq 0{,}3$ V

Kollektorspannung

$-U_{CEmax} = 10$ V

Kollektorspitzenspannung

$-U_{CEsp} = 15$ V

Kollektorstrom

$-J_{cmax} = 20$ mA

Kollektorspitzenstrom

$-J_{csp} = 50$ mA

Verlustleistung

$N_{vmax} = 50$ mW[4])

Sperrschichttemperatur

$J_{max} = 65°$ C

Wärmewiderstand

$= 0{,}4°$ C/mW

Temperaturbereich

$= -40 \ldots +65°$ C

---

[4]) Gesamte im Transistor auftretende Verlustleistung (Emitter- und Kollektorverlustleistung). Sie ist abhängig von der Umgebungstemperatur.

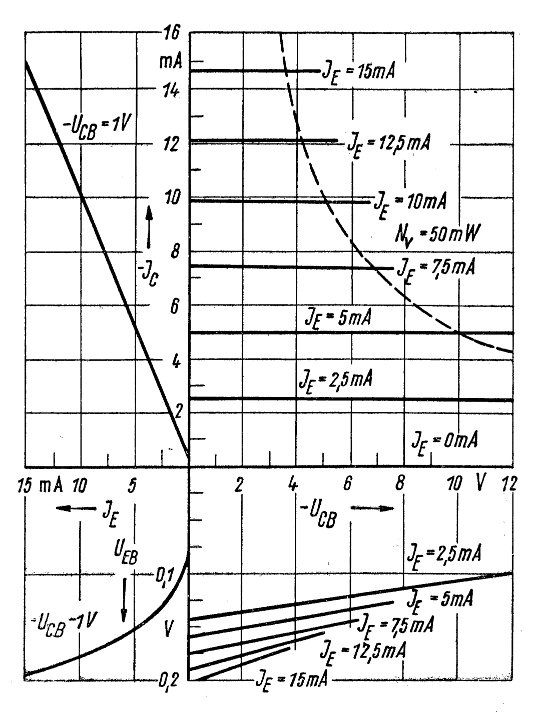



Bild 34. Kennlinienfeld in Basisschaltung

$N_v = N_E + N_C = 50$ mW maximal

$\vartheta_j \;= 65\ ^\circ C$

$$\frac{\vartheta_j - \vartheta_a}{N_v} = 0{,}4\ \frac{^\circ C}{mW}\ \text{konst.}$$

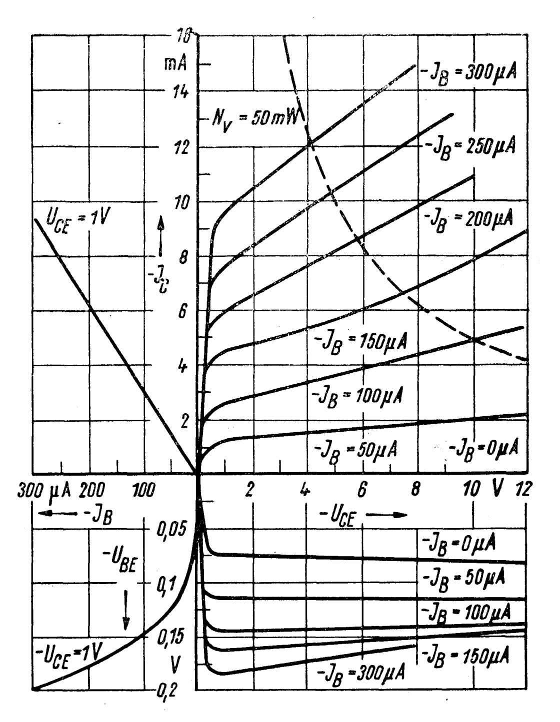



Bild 35. Kennlinienfeld in Emitterschaltung

$$\chi = \frac{(J_{co})\ \vartheta_j}{(J_{co})\ \vartheta_j = 25\ °C}$$

$$\chi' = \frac{(J'_{co})\ \vartheta_j}{(J'_{co})\ \vartheta_j = 25\ °C}$$

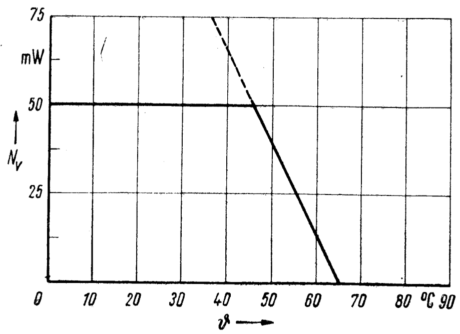



Bild 36. Abhängigkeit der Verlustleistung $N_V$ von der Umgebungstemperatur $\vartheta_a$

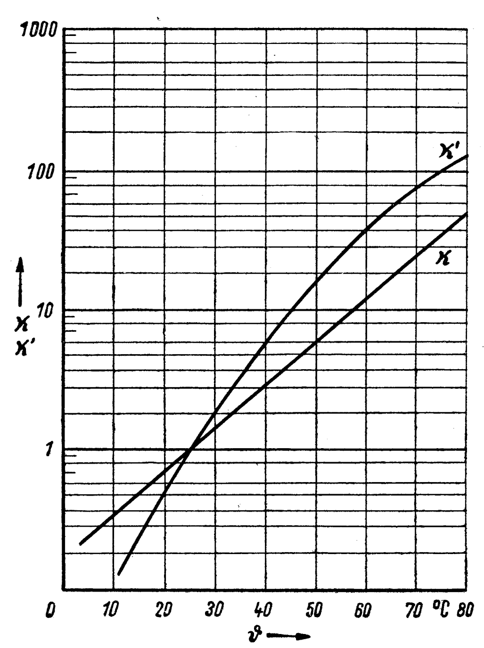



Bild 37. Temperaturabhängigkeit des Kollektor-Reststromes

## 9. LITERATURHINWEISE


Bücher

Autorenkollektiv: Amateurfunk. 3. verbesserte und überarbeitete Auflage. Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin 1960

M. Falter: Transistortechnik. VEB Verlag Technik, Berlin 1959

J. A. Fedotova: Halbleiter und ihre Anwendung. Band I–III. Verlag „Sowjetskoje Radio“ Moskau 1958

J. Kammerloher: Transistoren. Grundlagen und Niederfrequenzverstärker. C. F. Wintersche Verlagsbuchhandlung, Füssen 1959

W. K. Labutin: Einfache Konstruktionen mit Transistoren. Massenradiobibliothek (Band 297). Gosenergoisdat, Leningrad 1958

H. G. Mende: Leitfaden der Transistorentechnik. Franzis-Verlag, München 1959

H. Putzmann: Kristalldioden und Transistoren (Reihe „Der praktische Funkamateur“, Band 3). Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin 1958

Zeitschriften:

„funkamateur“. Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin

„radio und fernsehen“. Jahrgang 1958–1960. Hierin besonders die Artikelreihe von M. Pulvers über Transistortechnik. VEB Verlag Technik, Berlin

Preis 1,90 DM